

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba

Hornicko-geologická fakulta

Institut geoinformatiky



**FUNKČNÍ A SYSTÉMOVÁ ARCHITEKTURA DISTRIBUOVANÝCH
HYDROLOGICKÝCH GEOINFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ
S VYUŽITÍM WEBOVÝCH SLUŽEB**

dizertační práce

Autor:

Ing. Josef Stromský

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Jiří Horák

Studijní program:

geodézie a kartografie

Obor:

geoinformatika

Ostrava 2011

ANOTACE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Doktorská disertační práce se zabývá problematikou využití moderních komunikačních technologií, architektur a standardů jak v oblasti operativní hydrologie, tak pro komunikaci a výměnu dat mezi jednotlivými organizacemi zabývajícími se správou vodních zdrojů a hydrologií obecně. V úvodu práce je vymezen předmět předložené práce a jsou stanoveny cíle práce. Následuje kapitola, která seznamuje čtenáře s projekty, které svým dílem přispěly k celkovému výsledku práce, problematikou operativní hydrologie na obecné úrovni a stavem problematiky mimo ČR.

Předmětem další kapitoly je kritická analýza stavu operativní hydrologie ČR se zaměřením jak na technické, tak procesní aspekty problematiky.

Další kapitola již představuje technologie servisně orientovaných architektur, jako klíčový prvek navrhované koncepce, na což navazuje část zabývající se návrhem samotné architektury distribuovaného hydrologického informačního systému.

Závěrečná kapitola se věnuje představení implementaci navrhované koncepce a její reálné nasazení jako strategického řešení v prostředí státního podniku správy Povodí Vltavy.

Klíčová slova: operativní hydrologie, webové služby, servisně orientovaná architektura, monitoring, povodně, povodí.

ANOTATION OF THESIS

PhD thesis deals with the use of modern communication technologies, architectures and standards, both in operational hydrology as well as for communication and data exchange between different organizations dealing with the management of water resources and hydrology in general. In the introduction the subject of work is defined as well as thesis main goals. The following chapter, which introduces readers to the projects that contributed to the overall result of the work, the issue of operational hydrology at a general level and state of the problem outside the Republic.

The subject of the next chapter is a critical analysis of operational hydrology in CR, focusing both on technical and procedural aspects of the problem.

Another chapter presents a service-oriented architecture technology as a key element of the proposed concept, which follows the part dealing with the proposal of the very architecture of a distributed hydrological information system.

The final chapter is devoted to showing the implementation of the proposed concept and its real use as a strategic solutions in an environment of state-owned enterprise management of Vltava River catchment.

Keywords: operational hydrology, web services, service-oriented architecture, monitoring, floods, catchment.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ AUTORA

Celou dizertační práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji dizertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, dizertační práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk dizertační práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího dizertační práce. Souhlasím s tím, že údaje o dizertační práci, obsažené v abstraktu, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Rovněž souhlasím s tím, že kompletní text dizertační práce bude publikován v materiálech zajišťujících propagaci VŠB-TUO, vč. příloh časopisů, sborníků z konferencí, seminářů apod. Publikování textu práce bude provedeno v omezeném rozlišení, které bude vhodné pouze pro čtení a neumožní tedy případnou transformaci textu a dalších součástí práce do podoby potřebné pro jejich další elektronické zpracování.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

V Ostravě dne 20. srpna 2011

Josef Stromský

Nad Zahradami 886
768 05 KORYČANY

Rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří jakýmkoliv způsobem přispěli k vytvoření této dizertační práce. Můj dík patří především doc. Dr. Ing. Jiřímu Horákovi za čas, odborné vedení a cenné rady, díky kterým má práce dospěla do tíženého cíle. Dále pak zaměstnancům státních podniků správy povodí a ČHMÚ za odborné i praktické připomínky a zkušenosti. Celé mé rodině pak za trpělivost a morální podporu.

OBSAH

ANOTACE DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	1
ANOTATION OF THESIS.....	1
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ AUTORA.....	2
OBSAH.....	4
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	7
SEZNAM TABULEK.....	8
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	9
ÚVOD.....	13
1 CÍLE	15
2 REŠERŠE	17
2.1 PROJEKT TRANSCAT	17
2.1.1 <i>Architektura distribuovaného systému TDSS</i>	<i>18</i>
2.1.2 <i>ETRA GIS</i>	<i>18</i>
2.1.3 <i>Vlastnosti TDSS</i>	<i>21</i>
2.1.4 <i>Zhodnocení TDSS.....</i>	<i>22</i>
2.2 PROJEKT TANDEM DSS	22
2.2.1 <i>Komunikační rozhraní TANDEM DSS</i>	<i>22</i>
2.2.2 <i>Řídicí subsystém pro architekturu klient-server</i>	<i>24</i>
2.3 PREDIKCE.....	24
2.3.1 <i>Předpovědní a povodňová služba.....</i>	<i>24</i>
2.4 DOHLED – OPERATIVNÍ HYDROLOGIE.....	30
2.4.1 <i>Vodočetná lať.....</i>	<i>31</i>
2.4.2 <i>Dohled vodních stavů</i>	<i>32</i>
2.5 DIGITÁLNÍ POVODŇOVÝ PLÁN	34
2.5.1 <i>Organizace povodňové ochrany.....</i>	<i>34</i>
2.6 IMPLEMENTACE WFD.....	40
2.7 ZAHRANIČNÍ PROJEKTY TÝKAJÍCÍ SE PROBLEMATIKY HIS	41
2.7.1 <i>HarmoniIT.....</i>	<i>41</i>
2.7.2 <i>Benchmark Models for the Water Framework Directive</i>	<i>42</i>
2.8 STAV PROBLEMATIKY V ANGLII, WALESU A SKOTSKU	42
2.8.1 <i>Systém podpory operativního řízení a předpovědi povodní.....</i>	<i>42</i>
2.8.2 <i>Organizační aspekty předpovídání povodní.....</i>	<i>43</i>
2.8.3 <i>Distribuované řešení FEWS.....</i>	<i>45</i>
2.8.4 <i>Závěry a výhled</i>	<i>46</i>
3 KRITICKÝ ROZBOR STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ	47
3.1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	47
3.1.1 <i>Měřicí stanice Fiedler-Mágr.....</i>	<i>47</i>
3.1.2 <i>Měřicí stanice LEC</i>	<i>48</i>
3.1.3 <i>Datové toky v povodí.....</i>	<i>50</i>
3.2 ANALÝZA PROCESNÍCH VZTAHŮ OPERATIVNÍ HYDROLOGIE	60
3.2.1 <i>Kompetenční nevyhraněnost podniků</i>	<i>60</i>
3.2.2 <i>Měření stavu na tocích</i>	<i>62</i>
3.2.3 <i>Validace dat.....</i>	<i>65</i>
3.2.4 <i>Archivace měřených dat</i>	<i>65</i>
3.2.5 <i>Odvozování, měrné křivky a re-validace</i>	<i>65</i>
3.2.6 <i>Distribuce výstražných zpráv.....</i>	<i>66</i>
3.2.7 <i>Manipulační plán versus předpověď.....</i>	<i>68</i>
3.3 ZÁVĚRY VYPLYVAJÍCÍ Z ANALÝZY	69
4 TECHNOLOGIE SERVISNĚ ORIENTOVANÝCH ARCHITEKTUR	71
4.1 SERVISNĚ ORIENTOVANÁ ARCHITEKTURA	71
4.2 BYZNYS PROCESY A JEJICH MODELOVÁNÍ	71

4.3	REALIZACE BYZNYS PROCESŮ	72
4.4	IMPLEMENTACE SYSTÉMŮ V HETEROGENNÍM PROSTŘEDÍ	72
4.5	WEBOVÉ SLUŽBY	73
4.5.1	<i>Značkovací jazyk XML</i>	73
4.5.2	<i>WSDL</i>	74
4.5.3	<i>SOAP</i>	74
4.6	WEBOVÉ MAPOVÉ SLUŽBY XML DLE OPEN GEOSPATIAL KONSORCIA.....	74
4.6.1	<i>Open Geospatial Consortium, Inc.</i>	74
4.6.2	<i>Hlavní výhody praktického využití služeb WMS</i>	78
4.7	NAHRADITELNOST KOMPONENT A SLUŽEB	79
5	NÁVRH ARCHITEKTURY DISTRIBUOVANÉHO HIS	80
5.1	DISTRIBUOVANÁ ARCHITEKTURA V HIS.....	80
5.1.1	<i>Komponenty využívané v rámci služeb HIS</i>	80
5.1.2	<i>Domény služeb</i>	82
5.2	DISTRIBUCE ZODPOVĚDNOSTI.....	85
5.3	DISTRIBUOVANÝ PŘÍSTUP V GIS A MODELOVÁNÍ	85
5.3.1	<i>Kaskádové mapové servery</i>	85
5.3.2	<i>Metadata a katalogové služby</i>	86
5.3.3	<i>Distribuované modelování</i>	88
5.4	NÁVRH PROCESNÍCH A LEGISLATIVNÍCH ÚPRAV	91
5.4.1	<i>Převod správy povodí pod MŽP</i>	91
5.4.2	<i>Reorganizace odpovědnosti za provoz technologií</i>	91
5.5	NÁVRH TECHNICKÝCH OPATŘENÍ	92
5.5.1	<i>Vybudování společné hydrologické komunikační sítě</i>	92
5.5.2	<i>Národní archiv hydrologických časových řad</i>	92
5.5.3	<i>Návrh řešení sběru dat ČHMÚ</i>	97
5.5.4	<i>Návrh řešení zpracování dat ČHMÚ</i>	98
5.5.5	<i>Získávání chybějících dat</i>	99
5.5.6	<i>Doplňení chybějících dat - validace</i>	99
5.5.7	<i>Distribuce dat v rámci sítě HYDRO-NETWORK</i>	100
5.5.8	<i>Podpora přípravy plánu manipulací VD</i>	101
5.5.9	<i>Konfigurace sítě měřicích stanic</i>	103
5.6	NÁVRH DOMÉNOVÉHO MODELU	103
5.7	PODPORA NASAZENÍ DISTRIBUOVANÉ ARCHITEKTURY	103
5.7.1	<i>VHD Scout</i>	103
5.7.2	<i>VHD DataService</i>	104
5.7.3	<i>Možná implementace v případě povodí Vltavy</i>	104
6	TECHNOLOGIE SBĚRU A ODVOZENÍ DAT	106
6.1	POŘIZOVÁNÍ DAT PŘÍMÝM MĚŘENÍM.....	106
6.1.1	<i>Přístrojová technika – měření na tocích</i>	106
6.1.2	<i>Pořizování vstupních dat meteorologickým radarem</i>	108
6.2	MĚRNÉ KŘIVKY A DATA ODVOZENÁ	110
6.2.1	<i>Průtok</i>	110
7	REÁLNÉ NASAZENÍ NAVRHOVANÉ ARCHITEKTURY.....	115
7.1	PROFIL STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ VLTAVY.....	115
7.2	RÁMCOVÝ/OBECNÝ POPIS SYSTÉMU VHD	116
7.2.1	<i>Zdroje informací</i>	116
7.2.2	<i>Zpracování a archivace dat</i>	116
7.2.3	<i>Poskytování informací</i>	117
7.2.4	<i>Komponenty z hlediska rámců zapojení</i>	117
7.3	PŘEHLED DATOVÝCH TOKŮ VHD.....	119
7.3.1	<i>Definice komunikačních protokolů, formáty dat</i>	124
7.4	POSKYTOVATELÉ DATOVÝCH PŘENOSŮ.....	126
7.5	ZABEZPEČENÍ SYSTÉMU.....	126
7.5.1	<i>Fyzická bezpečnost dispečinku</i>	126

7.5.2	<i>Zabezpečení dispečerského systému a dat</i>	<i>126</i>
7.5.3	<i>Zabezpečení napájení.....</i>	<i>127</i>
7.6	DISeminace.....	127
8	ZÁVĚR	128
	POUŽITÉ ZDROJE	131
	PŘÍLOHA A – SNÍMKY APLIKACÍ VHD	135
	PŘÍLOHA B - PODROBNÝ POPIS SUBSYSTÉMŮ A JEJICH ROZHRANÍ	141

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 ARCHITEKTURA DISTRIBUOVANÉHO SYSTÉMU TDSS	18
OBRÁZEK 2 ZÁKLADNÍ ARCHITEKTURA TDSS	19
OBRÁZEK 3 PŘIPOJOVÁNÍ (LINKOVÁNÍ) VZDÁLENÝCH KOMPONENT	21
OBRÁZEK 4 PŘEHLEDOVÁ MAPKA MĚRNÝCH PROFILŮ HPPS [10]	25
OBRÁZEK 5 PŘEHLEDOVÁ MAPKA HLÁSNÝCH PROFILŮ HPPS [10]	26
OBRÁZEK 6 PŘÍKLADY VOTOČETNÉ LATĚ	32
OBRÁZEK 7 SCHÉMA ZAPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ A ORGANIZACI V KONCEPCI FEWS	45
OBRÁZEK 8 NÁSTĚNNÉ PROVEDENÍ JEDNOTKY M401	48
OBRÁZEK 9 ZOBRAZENÍ JEDNOTKY LEC	49
OBRÁZEK 10 SCHÉMA KOMUNIKACE PRODUCENT – KONZUMENT: VARIANTA A	53
OBRÁZEK 11 SCHÉMA KOMUNIKACE PRODUCENT – KONZUMENT: VARIANTA B	54
OBRÁZEK 12 SCHÉMA KOMUNIKACE PRODUCENT – KONZUMENT: VARIANTA C	55
OBRÁZEK 13 SROVNÁNÍ ORGANIZAČNÍHO KONTEXTU ČHMÚ A PODNIKŮ SPRÁVY POVODÍ	61
OBRÁZEK 14 SROVNÁNÍ PROCESŮ MĚŘENÍ, SBĚRU A VALIDACE DAT – ČHMÚ A SPRÁVA POVODÍ	63
OBRÁZEK 15 SCHÉMA DISTRIBUCE DAT MEZI ČHMÚ A PODNIKY POVODÍ POMOCÍ FTP	64
OBRÁZEK 16 SOUČASNÁ PRAXE DISTRIBUCE VÝSTRAŽNÝCH ZPRÁV	67
OBRÁZEK 17 STANOVENÍ PŘEDPOVĚDI NA TOCÍCH VERSUS PLÁN MANIPULACÍ VD	69
OBRÁZEK 18 DOMÉNY SLUŽEB	83
OBRÁZEK 19 PŘÍKLAD VYUŽITÍ KASKÁDOVÉHO MAPOVÉHO SERVERU	86
OBRÁZEK 20 SCHÉMA ZÁKLADNÍ ARCHITEKTURY KATALOGOVÝCH SLUŽEB [33]	88
OBRÁZEK 21 KONCEPTUÁLNÍ SCHÉMA CSW [33]	89
OBRÁZEK 22 ZAPOUZDŘENÍ MODELOVACÍHO SYSTÉMU VŮČI OKOLNÍMU PROSTŘEDÍ	89
OBRÁZEK 23 ZÁKLADNÍ SCHÉMA NÁVRHU NÁRODNÍHO ARCHIVU HYDROLOGICKÝCH ČASOVÝCH ŘAD	93
OBRÁZEK 24 DOMÉNOVÝ MODEL – ULOŽENÍ SIGNÁLŮ	94
OBRÁZEK 25 REDUNDANCE NÁRODNÍHO ARCHIVU HYDROLOGICKÝCH ČASOVÝCH ŘAD	96
OBRÁZEK 26 NÁVRH ŘEŠENÍ KOMUNIKACE V RÁMCI ČHMÚ	98
OBRÁZEK 27 UKÁZKA MOŽNÝCH KONZUMENTŮ DAT SLUŽBY PRO DISTRIBUCI HYDROLOGICKÝCH DAT	101
OBRÁZEK 28 UKÁZKOVÝ PŘÍKLAD PODPORY INTEROPERABILITY V RÁMCI PVL	105
OBRÁZEK 29 ZÁKLADNÍ PRINCIP FUNGOVÁNÍ METEOROLOGICKÉHO RADARU [51]	108
OBRÁZEK 30 HLAVNÍ METEOROLOGICKÉ RADARY NA ÚZEMÍ ČR [50]	109
OBRÁZEK 31 KOMPONENTY SYSTÉMU Z HLEDISKA RÁMCE JEJICH ZAPOJENÍ DO PROVOZU	118
OBRÁZEK 32 SCHÉMA DATOVÝCH TOKŮ SYSTÉMU VHD	120
OBRÁZEK 33 SCHÉMA ZAPOJENÍ PRIMÁRNÍ INSTANCE SYSTÉMU VHD	121
OBRÁZEK 34 SCHÉMA ZAPOJENÍ SEKUNDÁRNÍ INSTANCE SYSTÉMU VHD	122
OBRÁZEK 35 SCHÉMA ZAPOJENÍ PRIMÁRNÍHO MODEMOVÉHO POLE	123
OBRÁZEK 36 SCHÉMA ZAPOJENÍ SEKUNDÁRNÍHO MODEMOVÉHO POLE	124
OBRÁZEK 37 SCHÉMA SPOJENÍ S ENERGETICKÝMI SYSTÉMY SPOLEČNOSTI ČEZ	124
OBRÁZEK 38 PREZENTACE VÝSLEDKŮ PRÁCE NA VELETRHU WATENVI 2011	127
HLAVNÍ WEBOVÁ GIS APLIKACE PRO PRACOVNÍKY DISPEČINKU	135
ZOBRAZENÍ AKTUÁLNÍCH STAVŮ VLTAVSKÉ KASKÁDY	135
ROZHRANÍ GIS INTEGROVANÉ V MONITOROVACÍM SYSTÉMU VHD	136
DOHLED HW TECHNOLOGIÍ SYSTÉMU VHD	136
ROZHRANÍ PRO PŘÍSTUP DO ARCHIVU TELEFONÍCH HOVORŮ (S INTEGROVANÝM PŘEHRÁVAČEM AUDIO ZÁZNAMŮ)	137
KAMEROVÝ DOHLED VODNÍCH DĚL	137
ALTERNATIVNÍ ZOBRAZENÍ STAVŮ A PRŮTOKŮ	138
GIS KLIENT OPTIMALIZOVANÝ PRO TeleWALL VHD	138
ZOBRAZENÍ TECHNICKÉHO STAVU MĚŘICÍCH STANIC	139
AKTUÁLNÍ STAVY NA VODNÍCH DÍLECH	140

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 OBJEKTY PVV (POVRCHOVÝCH VOD) A PZV (PODZEMNÍCH VOD) – VÝVOJ POČTU (OBDOBÍ 1954–2009)	107
TABULKA 2 POUŽÍVANÉ FREKVENCE RADIOVÝCH MĚŘENÍ[50]	108
TABULKA 3 ÚPLNÝ PŘEHLED KOMUNIKACÍ	119
TABULKA 4 POPIS DATOVÝCH FORMÁTŮ MĚŘENÍ	124
TABULKA 5 POPIS DATOVÝCH FORMÁTŮ METEO	125
TABULKA 6 POPIS EXPORTNÍCH DATOVÝCH FORMÁTŮ	125

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

České zkratky

CPP ČHMÚ	Centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav (CHMI)
DPP	Digitální povodňový plán
GIS	Geografický informační systém
HIS	Hydrologický informační systém
HPPS	Hlásná a předpovědní povodňová služba
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České Republiky
IZS	Integrovaný záchranný systém
IS	Informační systém
KÚ	Krajský úřad
LAVDIS	Labsko-Vltavský Dopravní Informační Systém
MěÚ	Městský úřad
MKP	Měrná křivka průtoků
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OPIS HZS GŘ	Operační a informační středisko MV- generálního ředitelství HZS
OPIS HZS KR	Územně příslušné operační a informační středisko HZS kraje
OÚ	Obecní úřad
PKK	Povodňová komise kraje
PPO	Protipovodňová opatření
PVL	Povodí Vltavy
RPP ČHMÚ	Regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ
SPA	Stupeň povodňové aktivity
SŘBD	Systém řízení báze dat
VD	Vodní dílo
VD TBD	Organizace ověřená výkonem technicko-bezpečnostního dohledu na VD a posudků pro zařazení
VHD	Vodohospodářský dispečink správce povodí
VŠB – TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ZVHS	Zemědělská a vodohospodářská správa

Cizojazyčné zkratky

3D	3-Dimensional
AC	Alternate current
API	Application programming interface
APN	Access Point Name
CIS	Common implementation strategy
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CSD	Circuit Switched Data
CSW	Catalogue Services for Web
DC	Direct current
DSS	Decision Support System
DTD	Document Type Definition
EA	Environment Agency (UK)
EGDI	ETRA GIS Data Interface
ESRI	Economic and Social Research Institute
FD	Flood Directive
FEWS	Flood Early Warning System
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GIF	Graphics Interchange Format
GML	Geography Markup Language
GPRS	General Packet Radio Service
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
GSM	Global System
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HW	Hardware
I/O	Input / output
INSPIRE	INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe
IP	Internet protokol
ISO	International Organisation for Standardisation
IT	Information Technology
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JRC	Joint Research Centrum
KML	Keyhole Markup Language
LAN	Local Area Network
mDSS	Mulino DSS
NFFS	National Flood Forecast System (UK)
NRA	National Rivers Authority (UK)
ODBC	Open Database Connectivity

OGC	Open Geospatial Consortium
OMI	Open Modelling Interface
OLE DB	Množina COM rozhraní pro přístup k databázím
ORACLE	Databázový stroj společnosti ORACLE
PNG	Portable Network Graphics
POL	Proudman Oceanographic Laboratories (UK)
PSTN	Public Switched Telephone Network
RMI	Remote Method Invocation
RPC	Remote Procedure Call
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SDI	Spatial Data Infrastructure
SDIC	Spatial Data Interest Community
SEPA	Scottish Environment Protection Agency
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
SOA	Service-oriented architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SW	Software
SQL	Structured Query Language
STFS	Storm Tide Forecast Service (UK)
SVG	Scalable Vector Graphics
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TDSS	Transcat DSS
UDP	User Datagram Protocol
UML	Unified Modelling Language
UPS	Uninterruptable Power Supply
URI	Uniform Resource Identifier
URN	Uniform Resource Name
UTF	Unicode Transformation Format
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
WFD	Water Framework Directive
WGS – 84	World Geodetic System 1984
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WS – API	Web Services - Application Programming Interface
WSDL	Web Services Description Language

XML	eXtensible Markup Language
XSL	eXtensible Stylesheet Language

ÚVOD

Správa, řízení a plánování vodních zdrojů, vodních toků a nádrží se stává zejména v posledních letech předmětem nebývalého zájmu veřejné správy i veřejnosti. Ať už se jedná o nedostatek pitné vody, přírodní katastrofy v podobě záplav a povodní či nezbytnost vodních zdrojů v nejrůznějších oblastech lidské činnosti. Očekávaný nárůst četnosti extrémních hydrologických událostí (i když v našich podmínkách zatím jen pozvolný) vede k zesílení snah o efektivní správu toků a vodních zdrojů obecně. Situace tak vede k hledání nových metod vhodných pro správu vodních zdrojů, jež by lépe uspokojovaly potřeby jak prostředí, tak managementu.

Izolovaný a nezávislý management ať už toků, vodních děl či celých povodí nevede při širším pohledu k vhodné či udržitelné správě vodních zdrojů. Tato skutečnost navozuje požadavek integrované správy vodních zdrojů. Komplexní hydrologický informační systém vodního hospodářství představuje koncept integrace jednotlivých požadavků do jednoho funkčního celku v národním měřítku. Jednotlivými funkčními celky si můžeme představit správu vodních toků, výrobu elektřiny, úpravu a dodávku pitné či užitkové vody, zavlažování, odvod a zpracování odpadních vod a další. Perspektiva integrovaného vodního hospodářství při správě a dalším rozvoji vodních zdrojů bere v úvahu také aspekty sociální, ekonomické a technické.

Objektivním základem pro integrovaný hydrologický informační systém vodního hospodářství by se měly stát organizace působící na poli operativní hydrologie v jednotlivých segmentech a jejich vzájemná spolupráce. S jistotou dnes lze říci, že rostoucí tlak na vodní zdroje v budoucnosti dále zintenzivní tyto potřeby. Navíc výše uvedené potřeby, zahrnutí dalších aspektů (sociální, environmentální) pro procesy řízení a rozhodování, není prakticky možné realizovat pomocí izolovaných systémových celků. Uvedené úlohy je možné efektivně provádět pouze za podpory jednotného integrovaného hydrologického informačního systému disponujícího kvalitními a hlavně aktuálními daty pořizovanými a přenášenými z terénu v reálném čase.

S rozvojem internetu a jeho informačního prostředí se rozvíjejí také služby, které jsou v tomto prostředí poskytovány. Jeden z trendů směřuje k vyšší formě automatizace jednotlivých činností a spolupráce jednotlivých aplikací v tomto prostředí. Využívání webových služeb ovlivňuje celkovou architekturu systémů a umožňují vytváření distribuovaných systémů, které jsou zejména snadno konfigurovatelné a rozšiřitelné podle konkrétních potřeb. Webové služby umožňují integraci zdánlivě neslučitelných systémů. Stávají se tak základním stavebním kamenem distribuovaných „servisně orientovaných“ informačních systémů, které pak mohou být budovány bez ohledu na platformy jednotlivých subsystémů či použité programovací jazyky.

Je zřejmé, že široké spektrum informací, které je potřebné v hydrologii zejména pro podporu rozhodování, musí být efektivně spravováno informačním systémem. Nicméně v současné době je tato úloha řešena každou organizací působící v oblasti operativní hydrologie samostatně a nekoordinovaně. Dochází tak nejen k omezení možností stávajících systémových řešení, ale současně jsou k provozu celé řady nezávislých informačních systémů vynakládány prostředky,

které řádově převyšují provozní náklady integrované a jednotné alternativy. Z hlediska akademického pak nejen že dochází k vynakládání zbytečných prostředků, ale současně také k jevu, kdy jsou výstupy a výsledky provozu systémů (jako například měřená data) dále uchovávána v různorodých formách, čímž zamezují či výrazně komplikují jejich účinnější využití za účely dalšího studia, vědy a výzkumu.

Informačních systémů v oblasti vodního hospodářství je dnes provozována celá řada a je možné říci, že ve valné většině plní svůj účel. Staví však na různých koncepcích bez možnosti zapojení se do větších a více komplexních celků. Zajistit tak, aby byly jimi spravované a poskytované informace plynule distribuovány či nabízeny jiným informačním systémům, je často již za hranicí jejich možností ať už po stránce technologické či finanční.

Integrovaný hydrologický informační systém a zejména jeho návrh a koncepce musí umožnit zapojení stávajících řešení s minimálními náklady nebo nabídnout alternativní řešení. Obě varianty pak kladou požadavky zejména na úrovni interoperability, jejíž zajištění je klíčovým aspektem úspěšné integrace procesů operativní hydrologie České republiky. Je proto třeba navrhnout jednotný koncept hydrologického informačního systému a jeho architektury. Současně však poskytnout dostatečnou podporu na úrovni technologií a know-how, které umožní jeho nasazení a zavedení do praxe.

V rámci navrhovaného systému a této práce budou preferovány vybrané a praxí na poli operativní hydrologie ověřené technologie, které garantují nejen dostatečnou úroveň dostupnosti, ale zejména jejich dlouhodobé udržitelnosti. Z toho důvodu je kladen důraz na standardizovaná a otevřená řešení, jež jsou tomuto největší zárukou.

1 CÍLE

Dizertační práce popisuje a analyzuje problematiku informačních systémů a technologií v oblasti sběru, přenosu, zpracování, vyhodnocení, distribuce a publikování hydrologických dat. Vychází z několikaleté práce autora v oblasti hydrologicky orientovaných informačních systémů a v oblasti jejich aplikace pro potřeby zajištění informační podpory operativního rozhodování a řízení v rámci podniků povodí České republiky. Snaží se formulovat ucelený dokument, který shrnuje základní premisy přístupů a koncepcí v této oblasti a současně poskytuje systémový náhled na tuto aplikační oblast geoinformatiky. Přináší návrh řešení celkové koncepce a příklady jednotlivých praktických řešení, kterých bylo s autorovým přispěním dosaženo.

Hlavním cílem práce je zpracování koncepce návrhu funkční a systémové architektury distribuovaných hydrologických geoinformačních systémů s využitím webových služeb se zaměřením na zajištění podpory pro operativní rozhodování při dohledu a řízení v rámci jednotlivých povodí České republiky. Tato koncepce vychází z analýzy fungování vodohospodářského dispečinku podniků povodí České republiky a Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a navazuje na stávající systémy provozované v rámci jednotlivých pracovišť. Návrh je založen na technologii webových služeb a moderních směřů v oblasti vývoje informačních systému obecně a bere v potaz distribuovanost, heterogenost a rozsah prostředí, v rámci kterého jsou tyto systémy provozovány. Návrh obsahuje doporučení pro výběr vhodných technologií, doporučené vlastnosti programového vybavení, komunikačních technologií a další specifikace včetně doporučení vhodných standardů pro zajištění interoperability a flexibility.

Druhým cílem je návrh řešení konkrétních dílčích systémů informační podpory pro vybrané pracoviště závodů povodí. Návrh se zabývá aplikací vhodného technického, komunikačního a dalšího vybavení pro specifický účel a specifické podmínky použití jednotlivých informačních systémů podpory rozhodování a řízení v povodí. Návrhy dále obsahují schémata funkčních vlastností jednotlivých systémů. Součástí návrhu jsou i doporučení pro modifikaci či rozšíření stávajících informačních systémů povodí s ohledem na budování uceleného řešení.

Posledním cílem je realizace a praktické ověření navrhovaných koncepcí a postupů v podobě prototypového nebo reálného řešení. K dosažení tohoto cíle bude nezbytná součinnost a ochota na straně některého z podniků správy povodí, či v lepším případě rozhodnutí vedení státního podniku investovat do navrhované koncepce a moderních technologií prostředky a ověřit přínos této dizertační práce v prostředí vlastní organizace.

Práce si neklade za cíl analýzu, rozbor a hodnocení jednotlivých softwarových produktů využívaných podniky povodí či ČHMÚ ať už pro potřeby zpracování geografických dat, modelování hydrologických jevů nebo problematiky modelování obecně. Práce se taktéž nezabývá problematikou dlouhodobého strategického plánování v oblasti hydrologie, ale zaměřuje se na operativní rozhodování a každodenní činnosti v oblasti hydrologie.

Ačkoli se práce zaměřuje především na problematiku správy a řízení vodních toků a děl z hlediska kvantity vody, bude koncepce navržena jako obecně použitelná, tedy s ohledem na ostatní oblasti operativní hydrologie jako je například problematika kvality vody.

2 REŠERŠE

V průběhu posledních 7 let se autor intenzivně zabýval problematikou analýzy, návrhu, vývoje a rozvoje hydrologicky orientovaných informačních systémů. Rešeršní práce proto krátce představuje dva stěžejní projekty řešené autorem na akademické půdě. Prvním z nich je projekt TRANSCAT, zaměřený na oblast expertní podpory při správě příhraničních povodí. Navazujícím projektem pak je dále představený projekt TANDEM DSS, který ideově navazuje na výsledky projektu TRANSCAT a posouvá jej dále do oblasti distribuovaného zpracování a servisně orientovaných architektur.

Na uvedené projekty je navázáno rozbořem stávající legislativy v oblasti predikce, předpovědní povodňové služby, opatření k ochraně před povodněmi, povodňových plánů a hlásné povodňové služby. Pozornost je věnována také dohledovým procesům a operativní hydrologii, na ni navazující struktuře řízení povodňové ochrany a koordinaci povodňových aktivit v oblastech povodí.

Rešeršní práce nevynechává relevantní zahraniční projekty, které měly v průběhu posledních několika let vliv jak na praktické tak teoretické výstupy dizertace. Společně s výše uvedenými je pak věnována významná pozornost představení obdobné alternativní implementace řešené na národní úrovni ve Velké Británii.

2.1 Projekt TRANSCAT

V rámci projektu TRANSCAT (Integrated Water Management of Transboundary Catchments) byl vytvořen model takového distribuovaného systému pro využití při řízení vodního hospodářství. Jeho hlavním cílem je vytvoření operativního a integrovaného komplexního systému podpory při rozhodování Transcat DSS (TDSS), který by měl prospět optimálnímu managementu vodního hospodářství v příhraničních povodích v kontextu zavádění Rámcové směrnice EU pro vodní politiku. Základní informace o projektu TRANSCAT je možné nalézt na webových stránkách <http://www.transcatproject.net/>.

TDSS staví na otevřené a plně distribuované architektuře. Pro podporu integrovaného rozhodování v pohraničních oblastech je schopen využít různé typy dat a plnohodnotně pracuje s jejich jazykovými verzemi. Evidence a správa dat je podpořena uloženými metadaty, všechny parametry nastavení aplikace jsou uloženy v databázi, díky čemuž je vlastní klientská aplikace dynamicky generována v závislosti na autentizaci konkrétního uživatele, jeho autorizaci (přístupových právech) a zvoleném jazyce [57].

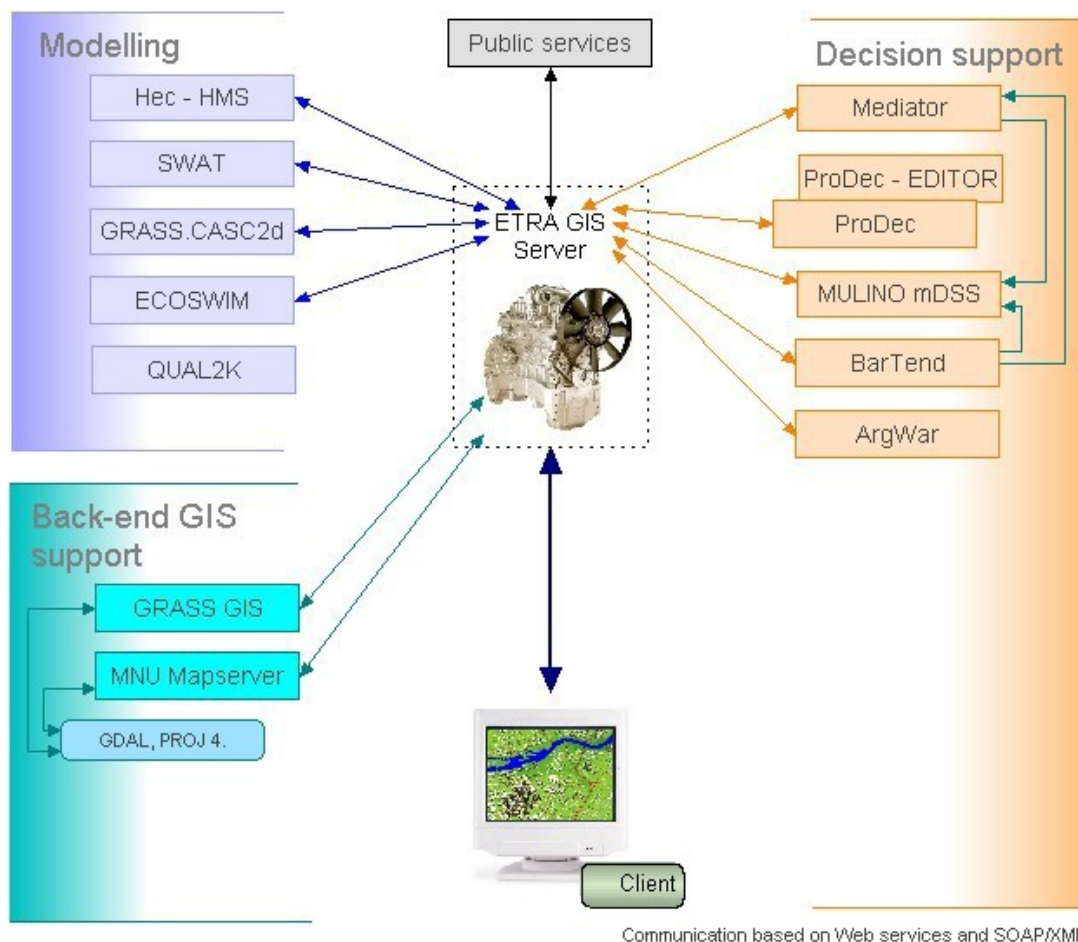
TDSS může být využit při operativním i strategickém řízení; je schopen poskytovat řadu aktuálních informací pro rozhodování (mapy, grafy, tabelární data, hyperlinky, informační panely). TDSS se rovněž snaží integrovat GIS, hydrologické (HEC-HMS, GRASS GIS), hydrogeologické (MODFLOW) a geoekologické modely v jednotném systému. Předpokládá výstavbu a kalibraci jednotlivých modelů a jejich zapojení do sítě, která bude umožňovat řízené využívání těchto modelovacích nástrojů při široce orientované podpoře rozhodování. Novou

kvalitu modelování nabízí integrovaný systém v možnosti využití vzájemné interakce jednotlivých modelů.

Vedle toho nabízí TDSS vazbu i na systémy podpory rozhodování pracující komplexním způsobem nejenom s hydrologickými, ale i s ekonomickými, demografickými či ekologickými faktory. Takovým nástrojem je např. Mulino DSS (mDSS) z evropského projektu MULINO [57].

2.1.1 Architektura distribuovaného systému TDSS

Systém TDSS byl vybudován integrací distribuovaného geografického informačního systému s řadou výkonných systémů pro podporu v rozhodování (DSS - decision support system), modelovacích serverů (především hydrologických a hydrogeologických), datových skladů a relevantních informačních služeb. K tvorbě distribuovaného GIS byl využit systém ETRA GIS (jehož vývoj je z velké části veden v rámci projektu TRANSCAT) sloužící k tvorbě právě takto orientovaných informačních systémů. Je zde využit jako centrální prvek integrující komponenty distribuované v síti.



Obrázek 1 Architektura distribuovaného systému TDSS

2.1.2 ETRA GIS

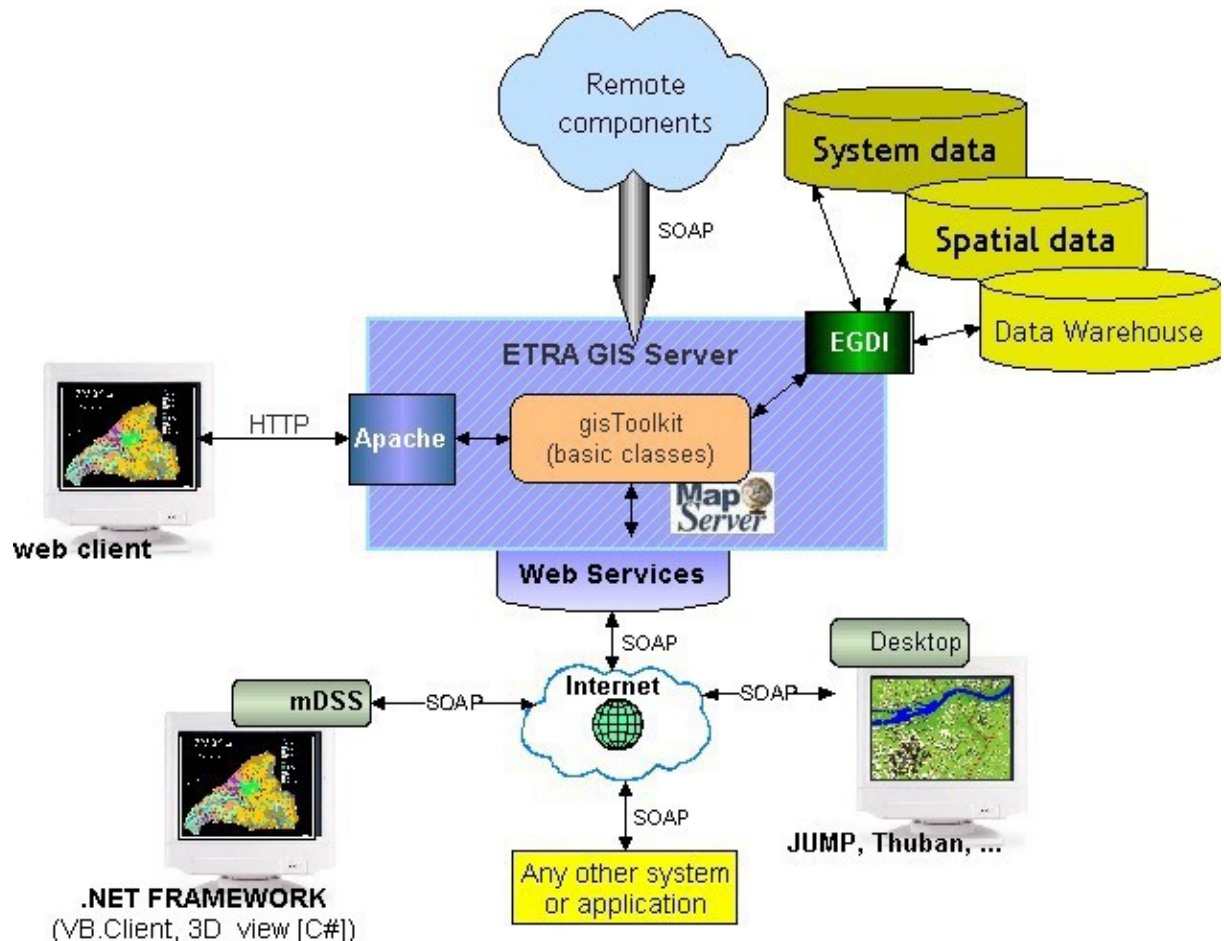
ETRA GIS (Extensible gisToolkit with Remote Access). Tento systém je tvořen sadou serverových komponent umožňujících:

- rychlou výstavbu servisně orientovaných geografických informačních systémů, jejich jednoduchou správu, rozšiřitelnost a integrovatelnost.
- připojení silných geograficky orientovaných systémů a integraci jejich funkcionality
- výstavbu takového systému bez závislosti na komerčních řešeních
- okamžité nasazení systému s využitím standardní webové aplikace
- instalaci, správu a konfiguraci bez hlubší znalosti odpovídajících technologií či programování.

Systém je složen z těchto základních (serverových) komponent:

- gisToolkit
- Webový server
- Systém řízení báze dat
- EGDI (ETRA GIS Data interface)– objektově relační mapování
- Aplikační rozhraní webových služeb (WS-API)

Vzdálené komponenty distribuovaného systému ETRA GIS



Obrázek 2 Základní architektura TDSS

2.1.2.1 gisToolkit

Základní komponenta systému je tvořena třídami zajišťujícími komunikaci s mapovým serverem a rozhraním EGDI realizujícím ukládání, správu a výběr objektů na požádání

(objektově relační mapování systému řízení báze dat). Toolkit dále zásadně rozšiřuje možnosti mapového serveru, zejména v oblasti metadat, definice a autorizace uživatelů, multijazyčnosti atd.

Metody gisToolkitu jsou přístupné taktéž prostřednictvím aplikačního rozhraní webových služeb (WS-API). Díky tomu není systém pouze konzumentem funkcionalit vzdálených softwarových komponent, ale sám se stává plnohodnotnou komponentou, integrovatelnou v rámci dalších systémů (viz Obrázek 2 Základní architektura TDSS).

gisToolkit poskytuje svým klientům všechny základní prvky mapových kompozic a to prostřednictvím jednotného rozhraní WS-API. Tyto prvky (mapa, legenda, měřítko, copyright, atd.) jsou generovány na základě požadavků zaslaných klientem, přístupových práv daného uživatele, zvoleného jazyka apod. Znamená to, že funguje generování prvků mapových kompozic na stejných principech a pravidlech jako generování samotné webové klientské aplikace systému (viz ETRA GIS Web klient). Mimo to mohou být zmíněné mapové kompozice v libovolné podobě ukládány a sdíleny s ostatními uživateli systému. Jelikož se v rámci systému předpokládá správa většího množství různorodých dat, je touto cestou administrátorům umožněno předpřipravit svým uživatelům (skupinám uživatelů) mapové kompozice reprezentující data zaměřená na dané téma či problém (hydrologie, topografie, administrativní členění atd.).

Uživatelé přistupující k systému ETRA GIS prostřednictvím aplikačního rozhraní jsou obvykle čtyř typů. Host (guest) je uživatelem jehož prostřednictvím je umožněno přihlášení široké veřejnosti a ve většině případů nevyžaduje zadání hesla. V závislosti na dané implementaci systému jsou mu pak přiřazována práva k veřejně dostupným zdrojům. Další typ je možné nazvat běžný uživatel (user). Ten je vždy členem některé z definovaných skupin a přejímá její přístupová práva a nastavení. Obdobou tohoto typu je administrátor (admin user). Tento uživatel je taktéž vždy členem některé z definovaných skupin, avšak současně je administrátorem (správcem) jedné skupiny. Tento uživatelský účet se pak používá výhradně ke změnám nastavení, přístupových práv, definování nových kompozic pro skupinu a podobně. Jinými slovy jsou nastavení definovaná tímto uživatelem přejímaná členy této skupiny. Posledním typem je tzv. Super-administrátor (root). Tento uživatel funguje na stejných principech jako předchozí typ. Jedná se však o administrátora nejvyšší úrovně, jímž je osoba či instituce garantující provoz a správu systému. Tento uživatel má pak v případě aplikace ETRA GIS Web klient přístup ke speciálním pluginům umožňujícím vzdálenou konfiguraci a správu celého systému.

Mimo uživatele přistupující k systému ETRA GIS prostřednictvím aplikačního rozhraní zde může vystupovat také role technické podpory pracovníka IT, který zajišťuje potřebné práce spojené s údržbou samotného operačního systému serveru a s ním spojeného software.

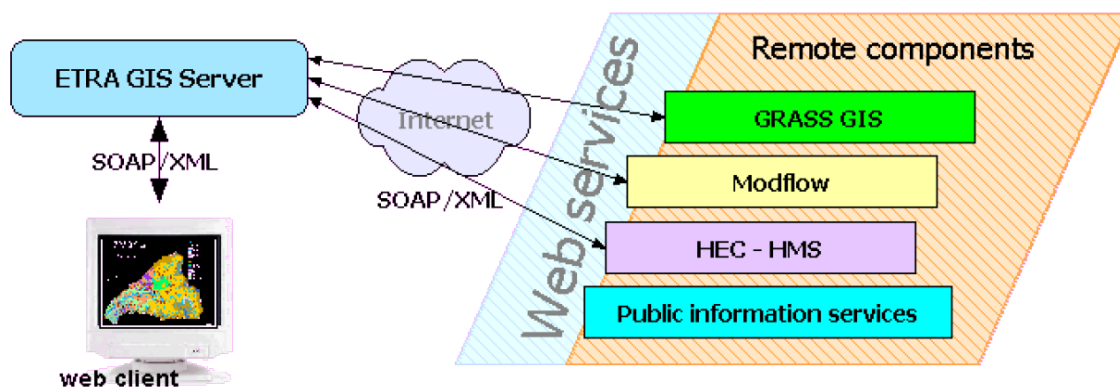
Toolkit taktéž realizuje samotné připojování (linkování) vzdálených komponent (viz Obrázek 3 Připojování (linkování) vzdálených komponent), komunikaci a jejich integraci do systému. Mimo připojování „běžných“ komponent umožňuje gisToolkit evidovat a využívat webové mapové služby (Web Map Services - https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8798) a takto zpřístupněná data využívat v rámci systému.

Další podstatnou částí gisToolkitu jsou třídy a knihovny zajišťující dynamické generování podoby klientské aplikace. Jinými slovy je klientská aplikace dynamicky vytvořena v závislosti na právě přihlášeném uživateli a jeho přístupových právech, roli v systému (superadmin, admin, user, guest), zvoleném jazyce (gisToolkit pak požaduje od datového skladu a vzdálených komponent data v tomto jazyce) a aktuálním datu (gisToolkit kontroluje, zdali jsou požadovaná data pro ke konkrétnímu datu platná).

Dynamické generování vzhledu klientské aplikace je důležité pro možnost plné konfigurace dle předpokládaného využití systému různými skupinami uživatelů. Ty se budou lišit různými požadavky na funkčnost, způsobem zobrazení vybraných geoprvků (např. podnik Povodí bude používat více technického způsobu zobrazení než uživatel z vodoprávního úřadu). Tento rys nabývá zásadního významu při zajištění hladké přeshraniční komunikace – způsob zobrazování geografických vrstev, jejich pojmenování, volba atributů může být definována i v závislosti na jazykovém a kulturním prostředí.

2.1.2.2 Vzdálené komponenty

Vzdálené aplikace, systémy či služby, jejichž funkcionalita je zpřístupněna ve formě webových služeb. Jedná se o část systému s pravděpodobně největším potenciálem, jelikož je prostřednictvím umožněno připojovat libovolné systémy a výrazně tak rozšiřovat základní možnosti komponenty gisToolkit. V konkrétním případě implementace TDSS se jedná o systém GRASS GIS, modelovací platformy Modflow a HEC-HMS a celou řadu hydrologických informačních služeb (předpověď počasí, oblačnost nad daným územím). Výstupy těchto silných systémů, které z pohledu uživatele vystupují na pozadí, jsou pak buďto dále zpracovávány či přímo dodávány uživateli (publikovány).



Obrázek 3 Připojování (linkování) vzdálených komponent

2.1.3 Vlastnosti TDSS

TDSS byl jako distribuovaný systém navržen zejména s ohledem na prostředí, v němž měl být implementován. Tímto prostředím jsou přeshraniční povodí, kde je třeba uspokojovat řadu požadavků, v běžných informačních systémech těžko řešitelných.

Prvním zjevným problémem je zde jazyková bariéra mezi uživateli zúčastněných stran. Bylo proto třeba připravit multijazyčné prostředí, jenž by mimo prosté publikování dat (ať už běžných či prostorových) v různých jazycích zajišťovalo také jejich integritu, relevantnost a korektnost a

navíc poskytovalo určitou míru samoobslužnosti při řešení problémů spojených s lokalizací dat, především překladů a verifikace.

Dalším aspektem významně vstupujícím do návrhu systému byla špatná kompatibilita národních dat zúčastněných stran, užívání rozdílných projekcí či souřadnicových systémů. Ačkoliv by měl být tento problém v budoucnu řešen v rámci evropského projektu INSPIRE, bylo pro dosažení úspěšné implementace TDSS nezbytné zajistit integraci dat na uspokojivé úrovni. Geografická data jsou lokálně uložena a zobrazována v souřadnicovém systému WGS-84/NUTM33, ostatní (vzdálená mimo server) data jsou integrována přes WMS. Vzdálená geografická data jsou před zobrazením na pozadí transformována do systému WGS-84/NUTM33 pomocí již zmíněné knihovny PROJ 4.

Důležitou roli hrála vedle multijazyčného prostředí také dostupnost personálního a technického zázemí jednotlivých zainteresovaných organizací, přístupnost dat, problémy spojené s autorskými právy k nim atp. Tato problematika je v návrhu systému řešena právě distribucí jednotlivých komponent (uzlů) v síti Internet. Umístění softwarových komponent tak reflektuje rozložení organizací v této síti a umožňuje zpřístupňovat publikovat či dále užívat data a informace z nich extrahované, aniž by musela původní data opustit organizaci, na niž jsou právně vázána. Centrální komponenta systému je pak vždy umístěna do organizace schopné personálně a technicky garantovat její provoz (VŠB-TU Ostrava, Správa národního parku Šumava, Polská akademie věd).

2.1.4 Zhodnocení TDSS

Architektura systému TDSS je otevřená a plně distribuovaná, využívající webových služeb pro různé činnosti. Je vyřešeno propojení na některé modelovací systémy, především pro řešení úloh modelování proudění podzemní vody v saturevané i nesaturevané zóně, modelování proudění v povrchové vodě a modelování transportu kontaminace. Připraveno je rozhraní k dalším modelovacím systémům (SWAT a ECOSWIM) a především rozhraní pro komunikaci s DSS nástroji pro podporu strategického rozhodování, jako je mDSS, Mediator a Bargain.

2.2 Projekt Tandem DSS

Integrovaný systém Tandem DSS byl vyvíjen v rámci projektu TANDEM, jehož cílem bylo připravit rozhraní pro hydrologické a hydrogeologické nástroje používané pro numerické modelování, především srážko-odtokových poměrů. Od tohoto rozhraní se očekává modulární přístup umožňující tvorbu aplikací využitelných ve výstavbě informačních systémů nezbytných v oblasti integrovaného vodního hospodářství k zajištění optimálního řízení vodního hospodářství.

2.2.1 Komunikační rozhraní TANDEM DSS

Řídící modul rozhraní staví na otevřené a plně distribuované architektuře. Je schopen integrovat GIS, hydrologické, hydrogeologické či jiné modely v jednotném systému. Předpokládá výstavbu a kalibraci jednotlivých modelů a jejich zapojení do sítě, která umožňuje řízení

využívání těchto modelovacích nástrojů při široce orientované podpoře rozhodování. Je zde umožněna vzájemná interakce jednotlivých modelů.

Celé řešení staví na serializaci zpracování požadavků v jednotlivých modelech, nepředpokládá např. asynchronní paralelní zpracování. Tomu musí odpovídat i filosofie práce a zajištění komunikace v systému. Jasně časově oddělené kroky musí mít zajištěnou návaznost.

Volba způsobu komunikace mezi modelovacími systémy a systémem řídicím je klíčová pro vytváření jednotlivých modulů systému. Tyto moduly mají podobu programového rozhraní nad daným modelovacím systémem či jiným programovým prostředkem a musí být schopny umožnit řídicímu systému komunikovat s takovýmto programovým prostředkem a jeho modelovými daty.

Řídicí systém musí být schopen na vyžádání předat modelovacímu subsystému potřebné parametry či jiná vstupní data, zajistit vykonání požadovaného výpočtu a přijmout výsledky výpočtu. Výsledky výpočtu pak musí vhodným způsobem interpretovat uživateli a předat jinému modelu jako vstupní data pro jiný výpočet. V souvislosti s modelovacími subsystémy musí řídicí systém zajišťovat:

- vstupní data pro jednotlivé modelovací subsystémy
- předání dat modelovacímu subsystému
- výměnu dat mezi modely
- interpretaci výstupních dat

Vstupními daty jsou zde chápána zejména taková data, která jsou časově proměnlivá, a přímo ovlivňují výsledek modelování. Takovými daty mohou být např. meteorologické informace, jako jsou úhrny srážek, teplota, výška sněhové pokrývky a podobně.

Za účelem orchestrace (vzájemného propojení) modelovacích systémů je nutné vhodným způsobem zajistit vzájemné předávání vstupních či výstupních dat mezi modely. Toho je docíleno ukládáním vstupních i výstupních dat do společné integrované databáze na straně řídicího systému – data jsou tímto způsobem sdílena. Tento způsob sdílení dat je rovněž vhodný pro následné zpracování výsledků za účelem jejich interpretace.

Způsob prezentace výstupních dat modelů je závislý na charakteru těchto dat a na potřebách vyvíjené aplikace. Data mohou být prezentována jako:

- textová informace (např. hlášení o stupni ohrožení)
- tabulka hodnot (např. průtok v daném místě)
- graf (grafická vizualizace naměřených/modelovaných hodnot v závislosti na čase)
- hodnota v podobě textového popisku vztaženého k symbolu reprezentujícího geografický objekt v mapové kompozici (např. měřicí stanici)
- rastrová vrstva v mapové kompozici, jejíž hodnoty jsou odlišitelné na základě vhodné zvolené barevné palety
- 3D pohled/řez/animace

Výsledky modelování je většinou nutné opatřit vhodným vysvětlením a interpretací zajišťované expertem. Koncepce systému bere v úvahu i tento lidský faktor a umožňuje vstup

expertů na různých úrovních, samozřejmě v etapě přípravy a kalibrace modelu, ale i v etapě prezentační a interpretační. Systém rovněž může zahrnovat i komponenty znalostního systému pro podporu interpretace.

2.2.2 Řídicí subsystém pro architekturu klient-server

Hlavní uzel systému (řídicí systém) má jako centrální prvek za úkol integrovat komponenty distribuované v síti. Tento systém je tvořen sadou serverových komponent, které umožňují:

- rychlou výstavbu servisně orientovaných geografických informačních systémů, jejich jednoduchou správu, rozšiřitelnost a integrovatelnost,
- připojení silných geograficky orientovaných systémů a integraci jejich funkcionality,
- výstavbu takového systému bez závislosti na komerčních řešeních, přitom umožňující integrovat i komerční řešení,
- okamžité nasazení systému s přístupem ve formě standardní webové aplikace,
- instalaci, správu a konfiguraci bez nutnosti hlubších znalostí odpovídajících technologií či programování.

Základní komponenta systému je tvořena třídami zajišťujícími komunikaci s mapovým serverem a rozhraním realizujícím ukládání, správu a výběr objektů na požádání (objektově relační mapování systému řízení báze dat).

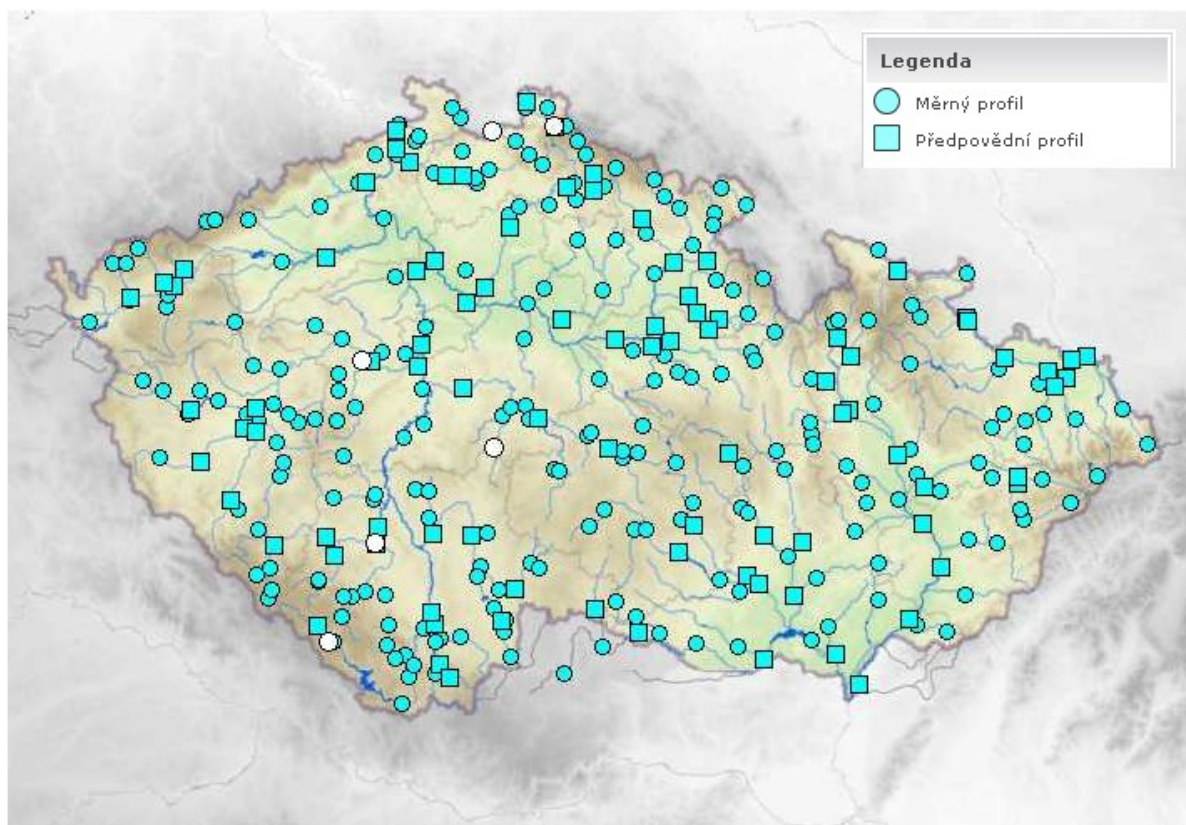
2.3 Predikce

2.3.1 Předpovědní a povodňová služba

V České republice se vyskytují různé typy povodní, což přináší rozdílné nároky na předpovědní nástroje a postupy v hydro-prognózní službě. Přívalové povodně, které se v ČR ve velkém množství vyskytly v červnu a červenci 2009, jsou specifické svým velmi rychlým vývojem a velmi nízkou prediktabilitou příčinných konvektivních srážek, kde je problémem nejen předpověď jejich intenzity, ale i časového a především prostorového výskytu. Přitom právě přesné místo výskytu extrémních srážek může rozhodovat o tom, zda přívalová povodeň vůbec vznikne. Od uživatelů předpovědi pak často zaznívá požadavek na konkrétní cílení výstrah před vznikem přívalové povodně pouze do postižených povodní. Povodně z tání sněhu pak naráží na problém vyhodnocení množství sněhu a jeho vlastností, které ovlivňují intenzitu tání při oblevě. Rozdílné podmínky v období tání, zejména výskyt dešťových srážek, intenzita přímého slunečního záření aj., ovlivňují intenzitu tání, která se může mezi jednotlivými roky velmi výrazně lišit. Praxe pak klade na hydro-prognózní službu zejména požadavky na včasnost a přesnost předpovědí. Důležitým aspektem je vnímání výstupů předpovědi jako celkového produktu bez rozlišování jednotlivých zdrojů nejistoty celkové předpovědi a různých typů povodní [10].

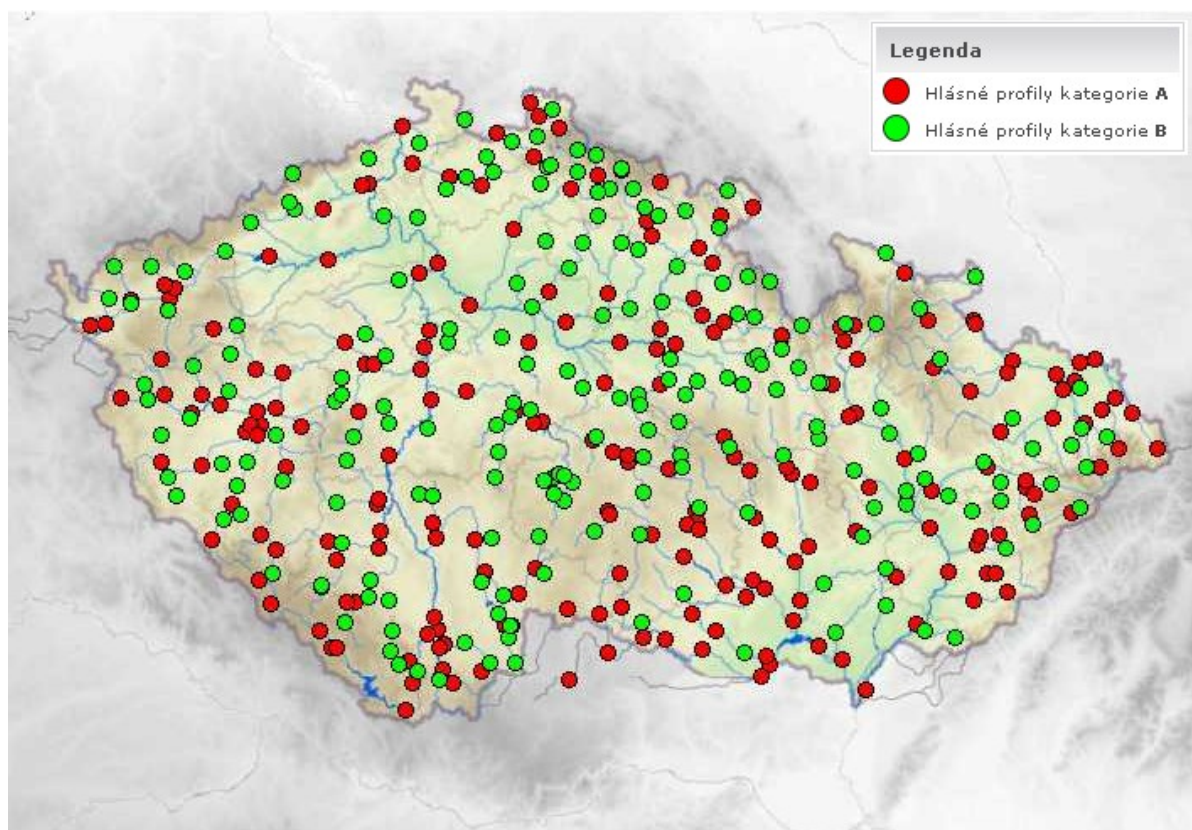
Předpovědní povodňová služba ČHMÚ je komplexní systém nástrojů a postupů poskytující informace pro povodňové orgány a další účastníky systému ochrany před povodněmi v ČR i pro

širokou veřejnost. Popsání celého jejího systému není v rámci jednoho systému možné, v následujícím textu jsou proto uvedeny jen její vybrané části a aktivity. Významnou aktivitou ČHMÚ je podíl na zabezpečení hlásné povodňové služby, kdy provozuje síť automatických vodoměrných stanic (k 1. 5. 2011 je v provozu 318 stanic, jejichž údaje jsou k dispozici na internetových stránkách <https://hydro.chmi.cz>).



Obrázek 4 Přehledová mapka měrných profilů HPPS [10]

Při provozu automatických stanic ČHMÚ úzce spolupracuje se státními podniky Povodí a také s některými obcemi. Dalším příspěvkem ČHMÚ k hlásné povodňové službě je provoz srážkoměrů a meteorologických radarů aj. ČHMÚ rovněž vede evidenci hlásných profilů kategorie A a B na uvedených internetových stránkách.



Obrázek 5 Přehledová mapa hlásných profilů HPPS [10]

2.3.1.1 Předpovědní služba z hlediska legislativy

Dle Zákona č. 254/2001 Sb. - o vodách (vodní zákon) předpovědní povodňovou službu v ČR zabezpečuje ČHMÚ ve spolupráci se správci povodí. Pro zabezpečení předpovědní povodňové služby je nezbytná úzká spolupráce meteorologů, hydrologů a vodohospodářů a rozvoj předpovědních metod a nástrojů [10].

Legislativní úprava ochrany před povodněmi v České republice je dána vodním zákonem a navazujícími předpisy:

- Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- Zákon č.305/2000 Sb., o povodích.
- Vyhláška 471/2001, o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly.
- Vyhláška 195/2002 o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl.
- Vyhláška 236/2002, o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby (Věstník MŽP č. 9/05).
- Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP pro zpracování plánu ochrany území pod vodním dílem před zvláštní povodní (Věstník MŽP č. 9/05).

Řízení ochrany před povodněmi zabezpečují povodňové orgány. Řízení ochrany před povodněmi zahrnuje přípravu na povodňové situace, řízení, organizaci a kontrolu všech příslušných činností v průběhu povodně a v období následujícím bezprostředně po povodni včetně řízení, organizace a kontroly činnosti ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Povodňové orgány se při své činnosti řídí povodňovými plány [12].

2.3.1.2 Povodňové plány

Povodňové plány jsou dokumenty obsahující souhrn organizačních a technických opatření potřebných k odvrácení, nebo zmírnění škod při povodních na životech, majetku občanů a společnosti a na životním prostředí v rámci určitého územního celku, pozemku, nebo stavby. Základní strukturu povodňových plánů tvoří:

- povodňové plány obcí, v jejichž územních obvodech může dojít k povodni,
- povodňové plány správních obvodů obcí s rozšířenou působností,
- povodňové plány správních obvodů krajů,
- povodňové plány povodí,
- povodňový plán České republiky.

Mimo to jsou na vyžádání povodňového orgánu nebo dle vlastní potřeby sestavovány:

- povodňové plány ohrožených staveb, které se nacházejí v záplavovém území, nebo mohou zhoršit průběh povodně,
- pozemků, které se nacházejí v záplavových územích.

V povodňových plánech ucelených povodí, správců vodních toků a vodohospodářských děl je kladen důraz na včasnou a spolehlivou informovanost o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací na tocích a vodohospodářských dílech. V povodňových plánech územních celků, obcí a ohrožených nemovitostí je kladen důraz na včasnou aktivizaci povodňových orgánů, zabezpečení hlásné povodňové služby, hlídkové služby a ochrany objektů, přípravu a organizaci záchranných prací a zajištění povodní narušených funkcí v území.

Obsah povodňových plánů upravuje technická norma TNV 75 2931. Povodňové plány mají zpravidla část věcnou a grafickou, obsahující relativně trvalé údaje o zdrojích povodňového nebezpečí, zátopovém území a opatřeních k ochraně před povodněmi, a část organizační se způsobem spojení na pracovníky a složky povodňové služby a jejich úkoly. Zpracovatelé povodňové plány každoročně přezkoumávají a podle potřeby doplňují a upravují. Věcnou a grafickou část povodňového plánu předkládají příslušnému povodňovému orgánu k potvrzení souladu s povodňovým plánem vyššího stupně. Organizační část průběžně opravují a poskytují povodňovým orgánům a dalším zainteresovaným účastníkům k využívání [12].

2.3.1.3 Hlásná povodňová služba

Hlásná povodňová služba zabezpečuje informace povodňovým orgánům pro varování obyvatelstva a k řízení opatření k ochraně před povodněmi. Hlásnou povodňovou službu organizují povodňové orgány a podílejí se na ní ostatní účastníci ochrany před povodněmi. K

zabezpečení hlásné povodňové služby organizují povodňové orgány obcí v případě potřeby hlídkovou službu. Podrobnosti k organizaci hlásné povodňové služby upravují povodňové plány.

Systém hlásné povodňové služby je decentralizovaný, založený na aktivitách všech účastníků ochrany před povodněmi a přizpůsobený místním podmínkám. Systém musí být na jednotlivých úrovních řízení ochrany před povodněmi propojen s povodňovými plány a to zejména v těchto návaznostech:

- stanovení hlásných profilů a stupňů povodňové aktivity,
- zabezpečení pozorování hlásných profilů a předávání hlášení,
- opatření prováděná při dosažení nebo vyhlášení stupňů povodňové aktivity.

V systému hlásné povodňové služby rozlišujeme dva hlavní směry předávání informací:

- informace postupující shora dolů, tj. od pracovišť předpovědní povodňové služby ČHMÚ nebo vodohospodářských dispečinků Povodí přes systém krizového řízení, a jednotlivé stupně povodňových orgánů až k obyvatelstvu a ohroženým subjektům. Charakter informace se postupně cestou dolů doplňuje a konkretizuje podle místních podmínek a povodňových plánů. Do této kategorie patří i hlášení, které posílá jedna obec dalším obcím níže po toku.
- informace postupující zdola nahoru, tj. od pozorovatelů hlásných profilů, hlídkové služby, k povodňovým orgánům obcí, obcí s rozšířenou pravomocí, krajů, ucelených povodí a ústřednímu povodňovému orgánu, sloužící pro hodnocení průběhu povodňové situace a řízení prováděných opatření. Tyto informace se cestou nahoru vyhodnocují a syntetizují do formy odpovídající příslušné úrovni a podrobnosti řízení.

Podrobnosti upravuje Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby (dále jen metodický pokyn MŽP). Ve smyslu tohoto metodického pokynu byl proveden výběr hlásných profilů a stanoveny směrodatné limity pro stupně povodňové aktivity. Hlásné profily na tocích jsou rozděleny do tří kategorií:

- základní hlásné profily – kategorie A, jejichž provozovateli jsou ČHMÚ nebo Povodí
- doplňkové hlásné profily – kategorie B, zřizované krajskými úřady a provozované místně příslušnými obcemi
- pomocné hlásné profily – kategorie C, provozované účelově obcemi nebo vlastníky ohrožených nemovitostí

Hlásný profil je místo na vodním toku sloužící ke sledování průběhu povodně. Hlásné profily se podle významu rozdělují do tří kategorií. Základní hlásné profily – kategorie A – jsou vybrané profily s vodoměrnými stanicemi na významných vodních tocích. Informace z těchto profilů jsou nezbytné pro řízení opatření k ochraně před povodněmi na národní úrovni, nebo jsou využívány pro předpovědní povodňovou službu. Jsou profesionálně provozované ČHMÚ nebo správci povodí. Doplňkové hlásné profily – kategorie B – jsou profily na vodních tocích, které jsou nezbytné pro řízení opatření k ochraně před povodněmi na regionální (krajské) úrovni. Jsou zřizovány krajskými úřady a provozovány místně příslušnými obcemi. Pomocné hlásné profily –

kategorie C – jsou účelové profily na vodních tocích, které mohou zřídít a provozovat pro své potřeby obce nebo vlastníci ohrožených nemovitostí [13].

Hlásné profily kategorie A a B tvoří celostátní systém hlásné služby. Profily kategorie C mají lokální význam a mohou spolu s profily kategorie B tvořit základ místních varovných systémů, pracujících na různé technické úrovni (manuálně nebo automaticky) a poskytovat varování obyvatelstvu zejména při přívalových povodních na malých tocích. Tyto místní systémy lze doplňovat také hlásnými stanicemi pro sledování srážek [12].

2.3.1.4 Stupně povodňové aktivity

Rozsah opatření prováděných na ochranu před povodněmi se řídí mírou povodňového nebezpečí. Ta se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity (SPA):

1. stupeň - bdělost - nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny takového nebezpečí. Za stav bdělosti se pokládá rovněž situace takto označená předpovědní povodňovou službou ČHMÚ. Při 1. SPA je třeba věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí. Zpravidla zahajuje činnost hlásná povodňová služba a hlídková služba.

2. stupeň - pohotovost - vyhláší příslušný povodňový orgán, když nebezpečí povodně přerůstá v povodeň a v době povodně, když však ještě nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Při 2. SPA se vývoj situace dále pečlivě sleduje, aktivizují se povodňové orgány a další složky povodňové služby, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, podle možnosti se provádějí opatření ke zmírnění průběhu povodně.

3. stupeň - ohrožení - vyhláší příslušný povodňový orgán v době povodně při bezprostředním nebezpečí nebo při vzniku větších škod, ohrožení majetku a životů v záplavovém území. Při 3. SPA se provádějí zabezpečovací a podle potřeby záchranné práce.

Stupně povodňové aktivity se vyhláší na základě dosažení směrodatných limitů, vyjádřených vodními stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích (popřípadě na mezní nebo kritickou hodnotu jiného jevu - denní úhrn srážek, hladina vody v nádrži, vznik ledových nápěchů a zácp, chod ledu apod.). Směrodatné limity pro vyhlášení stupňů povodňové aktivity jsou obsaženy v povodňových plánech, s nimiž jsou schvalovány povodňovými orgány. Směrodatné povodňové stavy uvedené v povodňových plánech větších územních celků jsou v těchto územích obecně platné.

První stupeň povodňové aktivity nastává při dosažení směrodatného stavu a při jeho pominutí zaniká. Druhý a třetí stupeň povodňové aktivity vyhláší a odvolávají povodňové orgány, přičemž dosažení směrodatného stavu je objektivním podnětem k vyhlášení. Povodňové orgány však mohou vyhlásit stupně povodňové aktivity i z jiných důvodů, např. na základě informace předpovědní povodňové služby ČHMÚ nebo na doporučení správce vodohospodářsky významných vodních toků (Povodí). O vyhlášení povodňové aktivity informuje povodňový orgán ve svém územním obvodu podle povodňového plánu. Krajské úřady (a obce s rozšířenou působností) informují o vyhlášení povodňové aktivity navíc ministerstvo životního prostředí,

pracoviště předpovědní povodňové služby ČHMÚ a správce vodohospodářsky významných vodních toků [12].

2.3.1.5 Předpovědní povodňová služba

Předpovědní povodňovou službu zabezpečuje podle § 73 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) ve spolupráci se správcí vodohospodářsky významných toků (Povodí). Na předpovědní povodňové službě se v ČHMÚ podílí úsek meteorologie, úsek hydrologie a regionální pobočky ústavu. Ústav má vybudováno centrální předpovědní pracoviště (CPP) v Praze-Komořanech a 6 regionálních předpovědních pracovišť (RPP) na pobočkách. Pražské pracoviště má hlavně celostátní působnost, ale také regionální působnost pro středočeskou oblast, dolní tok Labe až po státní hranice a některá další povodí (Jizera, Sázava). Meteorologická služba na CPP v Praze a RPP v Ústí nad Labem a v Ostravě je zajišťována v nepřetržitém provozu. Hydrologická služba funguje za normálních podmínek v jedné pracovní směně (včetně volných dnů), za povodní se provoz podle potřeby prodlužuje až po nepřetržitou službu.

Hlavním účelem hlásné a předpovědní povodňové služby (dále také jen HPPS) je informovat povodňové orgány a ostatní účastníky povodňové ochrany o nebezpečí vzniku povodně a o dalším nebezpečném vývoji. Centrální a regionální předpovědní pracoviště (dále také jen CPP a RPP) vydávají při očekávání extrémních meteorologických nebo hydrologických jevů výstrahy HPPS, v průběhu povodně pak informační zprávy HPPS o jejím dosavadním a očekávaném vývoji.

Hydrologická předpověď založená na manuální metodě odpovídajících si průtoků a postupových dob se standardně denně vydává pro 18 předpovědních profilů na hlavních tocích. V našich přírodních podmínkách je časový předstih těchto předpovědí omezen postupovými dobami průtoků na vodních tocích a činí 6 až maximálně 27 hodin. V době povodní se frekvence zpracování předpovědí podle možností a dostupných vstupních informací zvyšuje, provádí se odhad kulminace povodňové vlny, a to i pro další profily. Hydrologická předpověď je zpracovávána také pomocí hydrologických předpovědních modelů, které využívají informací o spadlých a očekávaných srážkách (dle předpovědí meteorologických modelů). Tyto předpovědi jsou vydávány pro větší počet profilů a i pro menší toky s celkovým předstihem 48 hodin [12].

2.4 Dohled – operativní hydrologie

Základní hlásné profily povodňové služby (kategorie A) jsou situovány v místech vodoměrných stanic, které jsou provozovány ČHMÚ nebo správcí vodohospodářsky významných toků (Povodí). Také část doplňkových hlásných profilů (kategorie B) je v místě stávajících vodoměrných stanic. Všechny tyto profily jsou technicky dostatečně vybaveny, tj. je v nich nainstalována vodočetná lať (ve většině stanic také grafický nebo digitální záznam) a je pro ně zpracována měrná křivka průtoků. Hydrologická pozorování v těchto stanicích provádějí většinou dobrovolní pozorovatelé ČHMÚ, v menší míře provozní pracovníci Povodí, kteří jsou

pro tuto činnost zacvičení. Způsob pozorování vodních stavů na povrchových tocích upravuje vnitřní předpis ČHMÚ.

Dobrovolní pozorovatelé nemají povinnost zabezpečovat pozorování hlásného profilu pro místně příslušnou obec (ve smyslu metodického pokynu MŽP) a předávat hlášení dále určeným příjemcům. Povinnost zabezpečit manuální pozorování hlásných profilů A a B při nebezpečí povodně a za povodně náleží příslušným obecním (městským) úřadům. Mohou při tom využít služeb dobrovolných pozorovatelů ČHMÚ, pokud se s nimi takto individuálně dohodnou. Je však třeba upozornit, že dobrovolní pozorovatelé jsou většinou důchodci a nemusí zvládnout fyzicky náročné úkony za povodně (ztížený přístup k profilu, pozorování v noci apod.). V těchto situacích by obecní úřady měly jako pozorovatelů hlásné služby využívat jiných osob nebo profesionálně vybavených složek hasičů nebo policie.

2.4.1 Vodočetná lať

Vodočetná lať (vodočet) je základním vybavením hlásného profilu. Jde o stabilně upevněnou lať opatřenou stupnicí, na které se čte výška vodní hladiny. Starší vodočty jsou většinou vyrobeny ze smaltovaného plechu, novější vodočty jsou plastové. Vodočty jsou svislé, šikmé nebo kombinované.

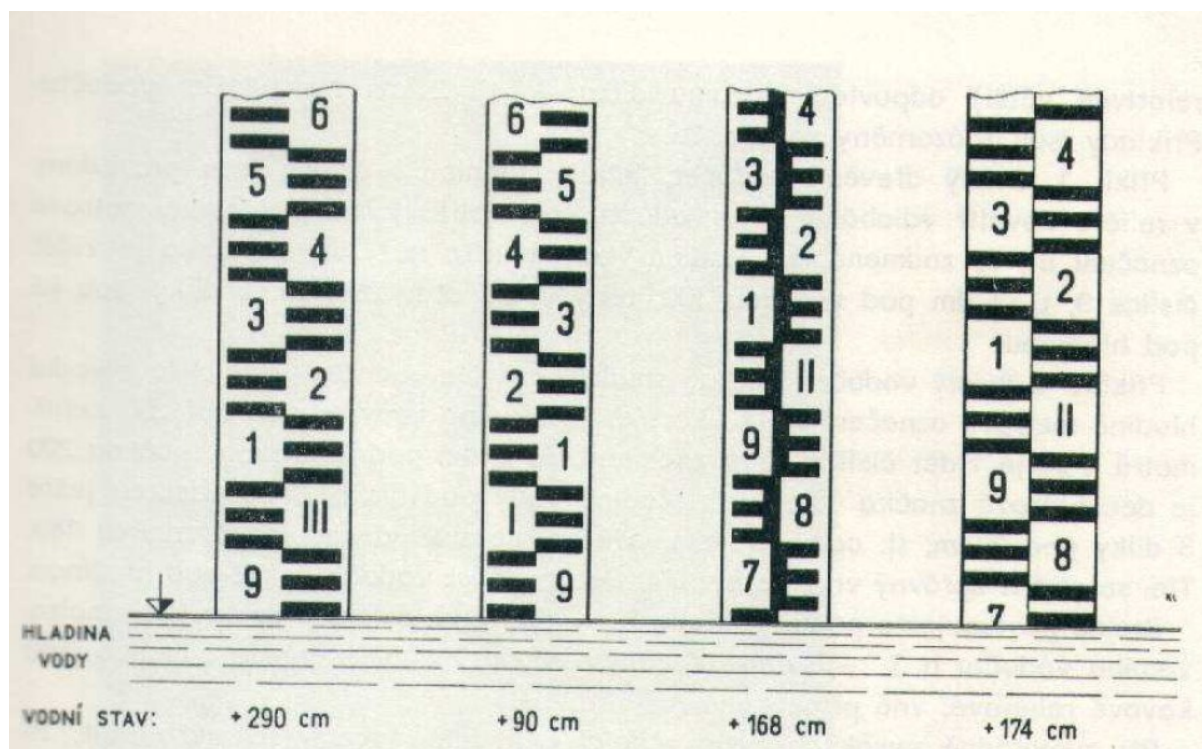
Svislé vodočty se osazují na kolmých nábrežních zdech, na pilířích mostů, na zabíraných pilotách apod. Umístění vodočtu je třeba volit tak aby

- pokrýval celý rozsah nejnižší a nejvyšší možné hladiny vody,
- byl pevně připevněn a chráněn před plovoucími předměty a ledovými krami,
- výška hladiny nebyla ovlivněna vzduťm (nánosy nebo zachycenými předměty) nebo kontrakcí proudu,
- byl dobře viditelný ze břehu a to zejména za povodně.

Šikmé vodočty se osazují na břehovém svahu, který je upraven a vyrovnán do jednotného sklonu. Vodočet je osazen do zvláštního betonového pásu a obvykle doplněn schodištěm. Stupnice na vodočtu musí přesně odpovídat sklonu vodočtu tak, aby odečtený vodní stav byl stejný jako na vodočtu svislém. Osazení šikmého vodočtu je náročné a používají se většinou jako součást vodoměrných stanic.

Kombinované vodočty jsou složeny ze šikmé části na břehovém svahu a svislé části, která obvykle slouží pro odečítání výšky hladiny za povodní, když voda převyšuje břehovou hranu. Důležité je, aby vodočet byl za povodně přístupný a proto je vhodné připravit další doplňující vodočty v dostupné části inundace.

Stupnice na vodočtu ukazuje relativní výšku hladiny vody v cm a to ve vztahu k „nule vodočtu“. Nula vodočtu přibližně odpovídá dnu řeky, vždy však musí být umístěna pod nejnižší vodní hladinou. Nula vodočtu musí být geodeticky zaměřena a její nadmořská výška uvedena v dokumentaci hlásného profilu. Dělení stupnice vodočtu bývá zpravidla dvoucentimetrové, decimetry jsou označeny arabskými číslicemi, metry jsou označeny červenými římskými číslicemi. Výška vodního stavu se udává zaokrouhleně v celých centimetrech. Příklady správného odečítání vodních stavů dává následující obrázek.



Obrázek 6 Příklady votočetné latě

2.4.2 Dohled vodních stavů

Pozorování vodních stavů v hlásném profilu se provádí v četnosti uvedené na evidenčním listu hlásného profilu, za normální situace zpravidla 1x denně v profilech kat. A. Při nebezpečí povodně ve všech kategoriích profilů 1x denně, při dosažení SPA dle potřeby nebo požadavku povodňového orgánu.

Veškeré časy pozorování se uvádí v občanském, tj. v zimě ve střeoevropském a v létě v „letním“ čase. Pokud v pozorovacích termínech nebyl zaznamenán nejvyšší (kulminační) stav, je třeba tento stav odhadnout podle dochovaných stop a přibližně odhadnout čas výskytu kulminace.

Před každým odečítáním vodního stavu je nutno se přesvědčit, že výška hladiny vody v místě vodočtu není ovlivněna překážkou, nánosem, zámrzem, ledovou zácpou a podobně, a tuto podle možnosti odstranit. Při vlnění vodní hladiny se čte na stupnici nejvyšší a nejnižší vodní stav, ze kterých se udává průměr.

Výsledky pozorování zapisuje pozorovatel do vodočetného zápisníku. Zápis obsahuje tyto položky: Datum, čas, vodní stav v cm, poznámka.

Do poznámky se zapisují všechny skutečnosti, které jsou pro pozorování nebo pro povodňovou službu důležité. K nim patří:

- dosažení kulminace povodně,
- povětrnostní poměry (silný déšť nebo sněžení),
- plovoucí předměty (větvě, stromy, trosky),
- ledové úkazy (led u břehu, zámrz toku, chod ledové kaše, chod ledových ker),

- vzduť vody překážkou v toku (zátaras, ledový nápěch, ledová zácpa),
- narušení koryta toku erozí, protržení hrází,
- vyběžení vody z koryta, rozsah záplavy.

Pozorovatel hlásné služby hlásí výsledky pozorování, včetně doprovodných informací, okamžitě určeným příjemcům podle evidenčního listu hlásného profilu a případně podle povodňového plánu. Po skončení povodně předá vodočetný zápisník na místně příslušný obecní (městský) úřad k dalšímu zpracování.

2.4.2.1 Limnigrafická stanice

Většina vodoměrných stanic je nyní vybavena zařízením pro „kontinuální“ snímání vodních stavů a jejich záznam. Snímání výšky hladiny je prováděno klasicky plovákem či moderními čidly (tlakové, ultrazvukové, bublinkové, radarové). Záznam je jednak mechanický na limnigrafický papír a v automatických stanicích digitální na počítačové medium.

Každá limnigrafická stanice musí být zároveň vybavena vodočetnou latí. Vodní stav odečtený na lati je používán jako referenční pro nastavení limnigrafického přístroje a jeho kontrolu. Pro limnigrafickou stanici je určen většinou pozorovatel (dobrovolný pozorovatel ČHMÚ nebo provozní pracovník Povodí), který obsluhuje limnigrafický přístroj, provádí kontrolu funkce stanice a běžnou údržbu. Pozorovatel navštěvuje stanici většinou jednou denně, automatické stanice jsou rovněž pravidelně kontrolovány pracovníky ČHMÚ a Podniků Povodí.

2.4.2.2 Automatická stanice s přenosem

V důležitých vodoměrných stanicích je instalováno zařízení pro operativní přenos měřených údajů do sběrného centra, kterým je regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ nebo vodohospodářský dispečink Povodí, výjimečně sběrná centra okresních úřadů. Jsou používány různé technické systémy sběru dat, které využívají buď vlastní radiovou přenosovou síť nebo přenos prostřednictvím telefonních linek a mobilních sítí. Přenosové systémy zpravidla nejsou mezi sebou kompatibilní a přímý přístup ke sběru dat ze stanic mají pouze určená sběrná centra, vybavená příslušným hardwarem a softwarem.

ČHMÚ instaloval do některých profilů kategorie A automatické stanice s hlasovým výstupem, které jsou připojeny na dvě telefonní linky. Na jednom telefonním čísle probíhá digitální sběr dat, na druhém čísle stanice na zavolání poskytne mluvenou informaci o

- aktuálním vodním stavu,
- tendenci vodního stavu (setrvalý, stoupá, klesá),
- dosažení limitního stavu pro vyhlášení 2. SPA nebo 3. SPA.

Informace o osazení automatické stanice s přenosem (včetně sběrného centra) nebo stanice s hlasovým výstupem je uvedena v evidenčním listě hlásného profilu. Telefonní číslo stanice obdrží příslušný povodňový orgán samostatným sdělením [14].

2.5 Digitální povodňový plán

Povodňový plán České republiky je základním dokumentem pro ústřední řízení povodňové ochrany v České republice. Obsahuje podrobné rozdělení úkolů a činností při provádění opatření k ochraně před povodněmi na úrovni ústředních orgánů státní správy a organizací s celorepublikovou nebo významnou regionální působností.

Povodňový plán ČR je zpracován Ministerstvem životního prostředí (dále jen MŽP) na základě ustanovení § 71 písm. d) zák. č. 254/2001 Sb., o vodách. Vychází ze současné platné právní úpravy, stanovené Zákonem č. 254/2001 Sb. - o vodách (vodní zákon) a souvisejícími předpisy. Povodňový plán ČR podléhá každoročnímu přezkoumání (nejpozději do 31. března) a na základě výsledku může být případně upraven nebo doplněn. Přezkoumání se spolu s datem a podpisem předsedy Ústřední povodňové komise zaznamená v jednom archivním výtisku Povodňového plánu ČR. Přezkoumání a úprava Povodňového plánu ČR se provádí také po vyhodnocení velké povodně, dále při změně uspořádání orgánů veřejné správy, změně legislativních předpisů nebo jiných okolnostech vyžadujících jeho změnu.

Povodňový plán ČR je podkladem pro rozhodování Ústřední povodňové komise (dále jen ÚPK) pro případ povodní ohrožujících větší územní celky, pokud nestačí síly a prostředky příslušných povodňových komisí krajů nebo je potřebná koordinace jejich činností. Podrobnější technické údaje pro činnost ÚPK, pokud nejsou zahrnuty v tomto povodňovém plánu, jsou zahrnuty v povodňových plánech správních obvodů krajů, které jsou uloženy na příslušném krajském úřadu a na MŽP.

Povodňový plán ČR obsahuje textovou (věcnou) část a v přílohách část operativní a grafickou, které jsou jeho nedílnou součástí. Seznam členů ÚPK a Pracovního štábu ÚPK, může doznávat častých změn. Pokud jsou v menším rozsahu, nejsou důvodem pro novou distribuci této přílohy. Její aktuální stav je uložen na MŽP a na vyžádání bude zaslán.

Povodňový plán ČR je distribuován:

- členům ÚPK
- členům Pracovního štábu ÚPK
- hejtmanům a předsedům povodňových komisí krajů
- Českému hydrometeorologickému ústavu - předpovědní povodňové službě
- státním podnikům Povodí Vltavy, Povodí Ohře, Povodí Labe, Povodí Moravy a Povodí Odry
- a na vědomí též Úřadu vlády ČR [15].

2.5.1 Organizace povodňové ochrany

2.5.1.1 Struktura řízení povodňové ochrany

Ochrana před povodněmi je řízena povodňovými orgány, které ve své územní působnosti odpovídají za organizaci povodňové ochrany, řídí, koordinují a kontrolují činnost ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Postavení a činnost povodňových orgánů jsou specifikována ve dvou časových úrovních:

mimo povodeň jsou povodňovými orgány:

- orgány obcí a v hlavním městě Praze orgány městských částí,
- obecní úřady obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze úřady městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy,
- krajské úřady,
- Ministerstvo životního prostředí,

po dobu povodně jsou povodňovými orgány:

- povodňové komise obcí a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí,
- povodňové komise obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy,
- povodňové komise krajů,
- Ústřední povodňová komise.

Povodňové komise (dále jen PK) zřizují orgány veřejné správy jako své výkonné složky k plnění mimořádných úkolů v době povodně. Obce zřizují povodňové komise tehdy, pokud je v jejich územních obvodech možnost povodní. Předsedou povodňové komise obce je její starosta. Povodňové komise mohou k plnění svých operativních úkolů vytvářet pracovní štáby. V době povodně, která svým rozsahem přesáhne územní obvod povodňového orgánu nižšího stupně, nebo v případech, kdy povodňový orgán nižšího stupně nestačí vlastními silami a prostředky činit potřebná opatření a není vyhlášen krizový stav, převezme řízení ochrany před povodněmi povodňový orgán vyššího stupně s tím, že oznámí datum a čas převzetí, rozsah spolupráce. Nižší povodňové orgány zůstávají dále činné a provádějí ve své územní působnosti opatření podle svých povodňových plánů v koordinaci s vyšším povodňovým orgánem nebo podle jeho pokynů.

V případě vyhlášení krizových stavů podle zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a změně některých zákonů, přecházejí oprávnění a povinnosti povodňových orgánů na místně příslušné orgány krizového řízení, ÚPK se stává součástí Ústředního krizového štábu.

Ostatními účastníky povodňové ochrany, kteří se podílejí na ochraně před povodněmi v daném území, jsou zejména:

- správci významných vodních toků,
- správci drobných vodních toků,
- vlastníci (uživatelé) nebo správci objektů na vodních tocích,
- pracoviště předpovědní povodňové služby ČHMÚ,
- vlastníci (uživatelé) a správci nemovitostí v ohroženém území,
- hasičské záchranné sbory a jednotky požární ochrany,
- útvary Policie ČR,
- složky Armády ČR,
- orgány ochrany veřejného zdraví,
- organizace pověřená prováděním technicko-bezpečnostního dohledu na vodních dílech,

- další subjekty, které mohou pomoci např. dopravními prostředky, těžkou mechanizací atd.

Zapojení ostatních účastníků ochrany před povodněmi závisí na charakteru povodňové situace a místních podmínkách. Zástupci nejdůležitějších subjektů jsou obvykle členy příslušné povodňové komise. Při povodni postupují podle vlastních povodňových plánů a pokynů povodňových orgánů. Koordinace opatření, která mohou ovlivnit odtokové poměry v rámci oblastí povodí, je zajišťována z úrovně správců významných vodních toků (jednotlivé státní podniky Povodí), k jejichž odbornému stanovisku jsou povodňové orgány povinny přihlížet. Zapojení složek Ministerstva vnitra, popř. Armády ČR do záchranných nebo zabezpečovacích prací se děje na žádost povodňových orgánů [15].

2.5.1.2 Opatření k ochraně před povodněmi

Opatřeními k ochraně před povodněmi jsou preventivní a přípravná opatření, prováděná mimo povodeň a operativní opatření prováděná v době povodně. Do těchto opatření není zahrnuta investiční výstavba, údržba a opravy ostatních zařízení sloužících ochraně před povodněmi, kterými jsou např. úpravy a zkapacitnění koryt vodních toků, výstavba ochranných hrází, čerpacích stanic apod., jakož i další investice vyvolané povodněmi.

Opatření k ochraně před povodněmi se dělí na:

- přípravná - povodňové plány, povodňové prohlídky, organizační a technická příprava, zajišťování povodňových rezerv, vyklízení záplavových území, příprava informačního systému, školení pracovníků povodňové služby, zajištění technicko-bezpečnostního dohledu na vodních dílech,
- při povodni - činnost předpovědní povodňové služby a informačního (hlásného) systému, ovlivňování odtokových poměrů, zabezpečovací povodňové práce, záchranné povodňové práce (varování a vyzoomění, evakuace obyvatel, humanitární pomoc), náhradní doprava, zajištění zásobování potravinami, vodou, energií, činnost ostatních účastníků povodňové ochrany (Armáda ČR, Policie ČR) atd.
- po povodni - obnovení povodňových narušených funkcí v zasaženém území (mimo investiční výstavbu), zjišťování a oceňování povodňových škod, evidenční a dokumentační práce, celkové vyhodnocení průběhu povodně

Všechna základní a předvídatelná opatření k ochraně před povodněmi mají být zahrnuta v povodňových plánech. Ostatní opatření jsou řízena a koordinována povodňovými orgány.

V době mimo povodeň jsou rozhodnutí povodňových orgánů vydávána podle správního řádu nebo jiným opatřením podle obecně závazných právních předpisů. V době povodně jsou PK oprávněny činit opatření a vydávat příkazy k zabezpečovacím a záchranným pracím. Tyto příkazy nejsou rozhodnutím podle správního řádu a není proti nim opravný prostředek.

Právníkové a fyzické osoby jsou povinny odstraňovat překážky, které mohou bránit průtoku velkých vod, umožnit vstup na své pozemky a do objektů k provádění záchranných a zabezpečovacích prací, trpět odstranění staveb nebo jejich částí nebo porostu, poskytnout dopravní a mechanizační prostředky, pohonné hmoty, nářadí a jiné potřebné prostředky a

zúčastnit se podle svých možností těchto prací. Tyto činnosti je nutné řádně dokumentovat pro pozdější uplatnění újm a při likvidaci pojistných škod vzniklých v důsledku vydaných rozhodnutí povodňovým orgánem, velitelem jednotky požární ochrany nebo velitelem zásahu v rámci IZS [15].

2.5.1.3 Koordinace povodňových aktivit v oblastech povodí

Vliv povodní zasahujících větší území se zpravidla projevuje v celé délce toku. Opatření provedená v horní části povodí ovlivňují odtokové podmínky a průběh povodně v dolní části toku a jeho recipientu. Platí to zejména o manipulacích na vodních dílech, ale také o provádění zabezpečovacích prací, jako je zvyšování nebo naopak účelové prorážení hrází, náhlé uvolnění ucpaného průtočného profilu, uvolnění ledové celiny a vyvolání chodu ledu apod. V tomto případě je proto bezpodmínečně nutná odborná koordinace povodňových aktivit ovlivňujících odtokové podmínky a průběh povodně v rámci větších hydrologických celků, které obvykle přesahují územní působnost povodňových komisí obcí s rozšířenou působností.

Koordinační činnost v rámci oblastí povodí vykonávají příslušné povodňové komise krajů s odbornou podporou příslušného správce povodí (státního podniku Povodí), které z odborného vodohospodářského hlediska sjednocují aktivity jednotlivých povodňových komisí obcí s rozšířenou působností a ostatních účastníků ochrany před povodněmi (zejména správců drobných vodních toků a vlastníků (uživatelů) nebo správců vodních děl) a pomáhají jim v jejich činnosti.

Oblasti povodí jsou vymezeny zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách ve znění pozdějších změn (zákon č. 20/2004 Sb.). Jedná se o následující oblasti povodí:

- oblast povodí Horní Vltavy,
- oblast povodí Dolní Vltavy,
- oblast povodí Berounky,
- oblast povodí Ohře a Dolního Labe,
- oblast povodí Horního a středního Labe,
- oblast povodí Moravy,
- oblast povodí Dyje,
- oblast povodí Odry.

Úkoly povodňových orgánů krajů vyplývají z § 80 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách ve znění pozdějších změn. Povodňová komise kraje řídí, kontroluje a koordinuje ochranu před povodněmi, pokud povodeň zasáhne území více obcí s rozšířenou působností a je nutná koordinace prováděných opatření v rámci oblasti povodí a pokud PK obcí s rozšířenou působností nestačí vlastními silami a prostředky činit potřebná opatření. Za tím účelem:

- potvrzuje soulad věcné a grafické části jim předložených povodňových plánů správních obvodů obcí s rozšířenou působností s povodňovým plánem správního obvodu kraje,
- zpracovává povodňový plán správního obvodu kraje podle § 71 odst. 3 písm. c) a předkládají jej ústřednímu povodňovému orgánu,

- prověřuje připravenost účastníků ochrany podle povodňových plánů,
- ukládá podle potřeby vlastníkům vodních děl úpravy manipulačních řádů z hlediska povodňové ochrany,
- organizuje odborná školení a výcvik členů povodňových orgánů obcí s rozšířenou působností a účastníků ochrany před povodněmi,
- se účastní hlášené povodňové služby na území kraje, informuje o nebezpečí a průběhu povodně povodňové orgány obcí s rozšířenou působností, Český hydrometeorologický ústav a Ministerstvo životního prostředí,
- organizuje, řídí a koordinuje opatření na ochranu před povodněmi podle povodňových plánů, řídí a koordinuje opatření prováděná povodňovými orgány obcí s rozšířenou působností,
- vyhláší a odvolává stupně povodňové aktivity v rámci územní působnosti,
- řídí ve svém správním obvodu ovlivňování odtokových poměrů manipulacemi na vodních dílech v rámci manipulačních řádů; nařizuje mimořádné manipulace na těchto vodních dílech nad rámec schváleného manipulačního řádu po projednání s dotčenými povodňovými orgány obcí s rozšířenou působností ve svém správním obvodu, s příslušnými správci povodí a s povodňovými orgány krajů, jejichž správní obvody mohou být touto mimořádnou manipulací ovlivněny,
- posuzuje vliv zabezpečovacích prací na vodních tocích a vodních dílech na odtokový režim po projednání se správci vodních toků a vodních děl, které jimi mohou být dotčeny, a koordinuje jejich provádění,
- zpracovává souhrnnou hodnotící zprávu o povodni včetně analýzy rozsahu a výše povodňových škod a účelnosti provedených opatření,
- vede záznamy v povodňové knize,
- využívá pro řízení záchranných prací, pro jejich koordinaci se složkami integrovaného záchranného systému a pro spojení s místy záchranných prací příslušné operační a informační středisko Hasičského záchranného sboru České republiky.

2.5.1.4 Úloha správců povodí

Úloha správců povodí, tedy státních podniků Povodí sestává v jednotlivých fázích z následujících bodů:

- v přípravné fázi
 - spolupracují na povodňových plánech správních obvodů krajů,
 - plní úkoly technicko-bezpečnostního dohledu na vodních dílech ve své správě,
 - zpracovávají odborná stanoviska k povodňovým plánům obcí s rozšířenou působností,
 - spolupracují s povodňovými orgány při provádění povodňových prohlídek,

- dávají podněty povodňovým orgánům k uložení potřebných opatření v záplavových územích, popř. jiných opatření k ochraně před povodněmi,
 - zajišťují prostředky povodňových rezerv pro provádění zabezpečovacích prací na tocích,
 - budují a provozují vodohospodářský dispečink, informační systém a hláskou službu,
 - provádí školení a výcvik pracovníků k povodňovým pracím,
- v průběhu povodně
 - sledují a vyhodnocují situaci na vodních tocích, podávají informaci povodňovým orgánům v rámci hlášené povodňové služby,
 - spolupracují s pracovišti ČHMÚ při provádění předpovědní povodňové služby,
 - navrhuje povodňovým orgánům vyhlášení a odvolání stupňů povodňové aktivity,
 - řídí ovlivňování odtokových poměrů v rámci oblastí povodí manipulacemi na vodních dílech (i na vodních dílech jiných vlastníků (uživatelů) nebo správců, pokud je řešeno v povodňovém plánu správního obvodu kraje) podle schválených manipulačních řádů jednotlivých vodních děl, popř. manipulačních řádů vodohospodářských soustav nebo na základě rozhodnutí příslušného povodňového orgánu,
 - provádí povodňové zabezpečovací práce na tocích a vodních dílech ve své správě,
 - dávají povodňovým orgánům odborná stanoviska k opatřením prováděných ke zmírnění průběhu povodně, koordinují provádění zabezpečovacích prací z hlediska odtokového režimu v rámci oblastí povodí,
 - plní v rámci svých možností další úkoly uložené povodňovými orgány.
- po povodni
 - provádí povodňové prohlídky toků, které spravují, zjišťují a oceňují povodňové škody na tomto majetku,
 - ve spolupráci s ČHMÚ provádí značkování a zaměření maximální hladiny vody a zajišťují odborné dokumentační práce,
 - v rámci údržby a oprav odstraňují povodňové škody na tocích a vodních dílech ve své správě, zejména odstraňují překážky v toku a zabezpečují kritická místa pro případ další povodně,
 - navrhuje povodňovým orgánům organizační a technická zlepšení ochrany před povodněmi a v případě potřeby doplňují a zpřesňují povodňové plány,
 - zpracovávají návrhy na zlepšení ochrany před povodněmi v rámci vlastní nebo sdružené investiční výstavby [15].

2.6 Implementace WFD

V květnu 2004 se Česká republika stala součástí Evropské unie. V souvislosti s tímto krokem proběhlo začlenění evropské legislativy do právního prostředí České republiky. Nešlo však pouze o jednoduchou úpravu a doplnění českého práva, ale také o uplatnění nových požadavků v praktickém životě, vypracování nových postupů a splnění celé řady závazků, které vyplývaly z přejímaných dokumentů EU. Tento proces se též významně dotýkal oblasti ochrany vod.

Do počátku 90. let převládal v EU trend vytváření velkého množství jednotlivých legislativních nástrojů (směrnic a rozhodnutí). Tyto směrnice byly vytvářeny postupně, v závislosti na potřebě řešit konkrétní dílčí problémy. V celkovém součtu lze hovořit o více jak osmdesáti dokumentech přímo či nepřímo souvisejících s ochranou vod [56].

Tento trend narůstajícího počtu dílčích směrnic se dlouhodobě jevil jako nevyhovující a nepřehledný. Současně začal převládat názor, že jednotlivé směrnice nepokrývají dostatečně celou šíři ochrany vod. Pozornost se soustředila převážně na ochranu povrchových vod, oblasti podzemních vod a pobřežních vod zůstávaly mimo hlavní záběr.

Od počátku 90. let sílily tendence pro vypracování jednotného dokumentu zahrnujícího ochranu a využívání celého vodního prostředí. V prohlášení Semináře ministrů o podzemních vodách z roku 1991 je zmíněna potřeba opatření, které odvrátí dlouhodobé zhoršování jakosti a snižování množství sladkých vod. Ve své zprávě „Životní prostředí v Evropské unii – 1995“ uvádí Evropská agentura pro životní prostředí vzrůstající nároky na dostatečné množství vody dobré jakosti a potvrzuje potřebu opatření na ochranu vod jak z hlediska jakosti, tak i množství. Dne 18. prosince 1995 přijala Rada závěry požadující vypracování rámcové směrnice ustavující základní zásady trvale udržitelné vodní politiky v Evropské unii. Výsledkem těchto aktivit a následných intenzivních vědeckých a politických diskuzí, trvajících takřka 10 let, se stala Rámcová směrnice pro vodní politiku (dále jen Rámcová směrnice), která nahlíží na vodní prostředí jak z pohledu ochrany vod ve všech jejích formách, tak z pohledu vodohospodářského.

Rámcová směrnice – „Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“ vstoupila v platnost 22.12.2000. Představuje nejvýznamnější legislativní nástroj pro oblast vody, který bude v mezinárodním měřítku zaváděn v průběhu mnoha let a stane se hnací silou v celoevropském procesu ochrany vod až do roku 2027. Účelem Rámcové směrnice je stanovit sjednocující rámec pro ochranu a vodohospodářské využití vnitrozemských povrchových vod, brakických vod, pobřežních vod a podzemních vod [56].

Časový plán Rámcové směrnice stanoví pro všechny země EU jednotné termíny plnění požadavků Rámcové směrnice a obsahuje poměrně detailní časové vymezení jednotlivých kroků. V zásadě lze prosazování Rámcové směrnice rozdělit do několika hlavních etap:

- 2003 – dosažení transpozice do národního právního řádu, stanovení oblastí povodí, určení kompetentního úřadu
- 2004 – dokončení analýz charakteristik, tlaků a dopadů v oblastech povodí
- 2008 – zpřístupnění návrhů prvních plánů povodí k projednání s veřejností

- 2009 – přijetí a zveřejnění plánů povodí s příslušnými programy opatření
- 2012 – realizace programů opatření
- 2015 – dosažení požadovaného zlepšení stavu vod (tzv. „dobrý stav“)
- v následných dvou plánovacích cyklech k rokům 2015 a 2021 – vyhodnocení opatření a dosaženého stavu povodí, aktualizace příslušné plánů povodí a programů opatření
- 2018 a 2024 – implementace programů opatření pro druhý a třetí plánovací cyklus
- 2027 – nejzazší termín pro definitivní dosažení cílů Rámcové směrnice

Jde o jednu z nejsložitějších směrnic Evropské unie, která pokrývá celou oblast hydrosféry v životním prostředí. Její implementace neznamena pouhou aplikaci nových technických norem. Zavádění Rámcové směrnice vyvolává potřebu zavést zcela nový režim řízení založený na oblastech povodí. Tento požadavek znamená významné změny v dosavadním administrativním zajištění, jak na úrovni jednotlivých států, tak především z pohledu těsnější mezinárodní spolupráce. Spolupráce se však nevztahuje pouze na členské státy Evropské unie, ale jsou do ní zapojeny i kandidátské a přistupující země, stejně jako další nečlenské země, na jejichž území se jednotlivá povodí nalézají [56].

2.7 Zahraniční projekty týkající se problematiky HIS

K zajímavým zahraničním projektům, týkajícím se problematiky budování integrovaných HIS patří zejména níže uvedené. Jedná se, jak o projekty v rámci kterých byly vyvinuty systémy či podpůrné nástroje řízení hospodaření s vodami, tak o projekty popisující například současný legislativní stav ve vodním hospodářství v evropských zemích nebo vytvářející unifikované rozhraní pro napojování modelů apod. Popis každého projektu zahrnuje informace o cílech projektu a využití vytvořeného systému.

2.7.1 HarmonIT

Cílem projektu HarmonIT je tvorba, implementace a verifikace evropského otevřeného modelovacího rozhraní a prostředí (European Open Modelling Interface and Environment - OpenMI), které zjednoduší a zformalizuje napojení různých modelů. Toto rozhraní umožní jednoduché napojení různých modelů, databází a ostatních nástrojů bez nutnosti dalšího programování. Tímto bude umožněno přidání nových modelů nebo výměna stávajících modelů v systému. Projekt HarmonIT tedy umožní urychlení vývoje informačních systémů a zlepšení plánovacích procesů.

Hlavní cíle:

- Specifikace standardního interface,
- State-of-the-art zpráva,
- Zpráva s požadavky,
- Architektura,
- Detailní specifikace návrhu,

- Implementace prototypu,
- Série aplikací,
- Série modelů upravených k použití interface.

Projekt HarmonIT byl úspěšně ukončen již v roce 2005. Jeho význam pro integrované modelování a tuto práci je však nesporný. Hlavní výstup projektu, tedy samotná specifikace rozhraní a podpůrné nástroje, jsou dále rozvíjeny pod hlavníčkou asociace OMI Association (<http://www.openmi.org/>). Open Modelling Interface prokázal svoji životaschopnost a je dodnes (2011) rozvíjen. V průběhu let 2005 – 2011 byl implementován do přibližně 25-ti modelovacích systémů.

2.7.2 Benchmark Models for the Water Framework Directive

Cílem projektu BMW (Benchmark Models for the Water Framework Directive) je stanovit soubor kritérií ke zhodnocení vhodnosti integrovaných modelů pro použití ve WFD (rámcové směrnici o vodách). Dále je vytvořen tzv. Toolbox, ve kterém jsou kritéria a charakteristiky uloženy pro provozní nasazení. Tento Toolbox se zabývá všemi aspekty relevantními k implementaci WFD. Projekt takto napomáhá výběru nejvhodnějších modelovacích nástrojů a také vzájemnému porozumění mezi všemi zainteresovanými stranami (tvůrci modelů, občané, tvůrci vodní politiky a ostatní dotčené subjekty).

Výstupem významným pro řešení této práce je zejména výše zmíněný toolbox, který poskytuje přehledné informace o systémech, jejich úrovni interoperability a použitelnosti v rámci připravovaného hydrologického informačního systému obecně.

2.8 Stav problematiky v Anglii, Walesu a Skotsku

2.8.1 Systém podpory operativního řízení a předpovědi povodní

Stejně jako jinde na světě jsou i na britských ostrovech systémy pro sběr, zpracování a distribuci hydrologických dat či systémy varování před záplavami důležitou součástí komplexního přístupu k omezování hmotných i nehmotných škod způsobených povodněmi, včetně ztrát na životech, škody na majetku a zboží, a snížení negativních zdravotních a sociálních dopadů. Tento význam se odráží také v zabezpečení předpovědní a hlásné povodňové legislativy a to jak na evropské úrovni v Evropské (Flood directive), která byla zveřejněna na podzim roku 2007 (EU, 2007), stejně jako ve vnitrostátních právních předpisech jakým je Řízení povodňových rizik (Skotsko) vydáno roku 2008 (skotská vláda, 2008). Předpovědní a hlásná povodňová služba je nejčastěji poskytována prostřednictvím vládní agentury, v Anglii a Walesu má tuto povinnost agentura životního prostředí (Environment Agency - EA), zatímco ve Skotsku tyto služby poskytuje Skotská agentura pro ochranu životního prostředí (SEPA).

Rozsáhlé záplavy v oblasti samotného středu Anglie a Walesu na Velikonoce roku 1998, stejně jako velké povodně na podzim roku 2000, upozornily na absenci koordinovaného přístupu z hlediska budování hydrologických informačních systémů, předpovídání povodní a varování v Anglii a Walesu. Agentura životního prostředí (EA) disponovala v té době (z historických

důvodů) různými přístupy k předpovídání povodní a varování v osmi regionech, v nichž byla rozdílná organizace, ve většině případů řešena vodoprávními úřady, které byly privatizovány v roce 1989 a byly spojeny do formy prvního Národního úřadu řek (National Rivers Authority) dále začleněného pod Agenturou životního prostředí (EA) v roce 1996. Po povodních 1998 byla provedena nezávislá kontrola tehdejší praxe. Výsledné doporučení, zahrnovalo definování jednotného přístupu k řízení předpovědní a hlásné povodňové služby včetně zajištění provozu nezbytných technologií na národní úrovni s národním centrem pro povodňové varování, koordinaci předpovědní povodňové služby na regionální úrovni v sedmi regionech EA a EA-Wales a povodňové varování na úrovni 26 oblastí. Na základě těchto doporučení navrhla EA postup s cílem definovat přístup k předpovídání povodní a varování na národní úrovni. Ten vyústil ve vývoj systému označovaného jako národní předpovědní povodňový systém (NFFS – National Flood Forecast System). Ten byl zaveden do provozu ve všech regionech EA a Walesu roku 2005.

Rozsáhlé povodně, které v roce 1994 zasáhly Strathclyde ve Skotsku, rovněž poukázaly na fakt, že i zde je třeba sofistikovanějšího přístupu ke sběru dat, jejich zpracování, předpovídání povodní a varování [52]. Předpovídání povodní, varování a spolehlivost systémů byla ve Skotsku již delší dobu méně rozvinutá než v Anglii a Walesu [53]. V letech 2007 - 2010 však došlo k významnému pokroku ve vývoji těchto systémů. Z počátku systém povodňového varování zahrnoval čtyři povodí v oblasti Strathclyde [52], rychle se však rozšířil a vznikl tak národní systém Flood Early Warning System (FEWS), zahrnující všechna povodí ve Skotsku.

Z hlediska této dizertační práce je zajímavý vývoj obou Národních předpovědních povodňových systémů (NFFS), které jsou používány Agenturou životního prostředí v Anglii a Walesu, stejně jako na skotský systém FEWS, který je využíván Skotskou agenturou pro ochranu životního prostředí (SEPA). Vývoj telemetrických a varovných systémů ve vazbě na jednotlivé procesy včetně přímého šíření výstrah jsou významné v obou případech.

2.8.2 Organizační aspekty předpovídání povodní

2.8.2.1 Agentura pro životní prostředí, Anglie a Wales

Sběr dat a předpovídání či varování před záplavami na řekách a na pobřeží je v kompetenci EA. V oblasti britských ostrovů existuje několik příčin povodní, včetně říčních, pobřežních, způsobené podzemními či povrchovými vodami nebo přívalovými dešti. Většina varování vydaná EA je pro říční a pobřežní záplavy. Předpovědi pro záplavy způsobené podzemními vodami jsou dodávány pouze pro několik lokalit v jižní Anglii, kde tyto záplavy představují značné riziko.

V okamžiku vydávání příslušných ustanovení nebylo varování před povodněmi způsobenými povrchovou vodou považováno za zákonnou povinnost jakékoliv organizace. Nicméně, v reakci na vážné záplavy v létě 2007 byla také EA přidělena celková odpovědnost za dohled na tento typ povodní. Zodpovědnost EA tohoto rozsahu byla doporučena také v nezávislé recenzi vydané následně po povodních v roce 2007 [54], jelikož záplavy způsobené přívalovými dešti byly během těchto událostí značné.

I když je v současné době snaha o zlepšení systémů zaměřených se předpovídání a varování před povodněmi způsobenými povrchovou vodou, jednotná politika týkající se této problematiky musí být teprve ustanovena. Prvním krokem ve vývoji systému předpovídání a varování před povodněmi způsobenými povrchovou vodou byla spolupráce EA a Met Office na implementaci prototypu aplikace "Extreme Rainfall Alert" (Výstraha při extrémních srážkách), která je v současné době k dispozici přibližně 850 organizacím, klasifikovaným jako kategorie uživatelů 1 a 2 podle Občanského zákoníku. (Civil Contingencies Act). Byly také vyvinuty mapy zobrazující oblasti obzvláště náchylné k záplavám způsobeným povrchovou vodou – pouze pro provozní účely (nejsou dostatečně přesné pro účely plánování) – umožňují uživatelům určit ohnisko povodní v momentě, kdy systém vyhlásí výstrahu.

Systém předpovědí je k dispozici na regionální úrovni v sedmi regionech EA a EA Wales - přičemž každá oblast se dělí na dvě až tři oblasti (celkově 20). Před povodněmi je varována veřejnost a profesionální jednotky dané oblasti. K šíření povodňového varování je využíváno různých metod. Na základě nařízení ministerstva (Ministerial Direction) v roce 1996, nese EA hlavní zodpovědnost za šíření povodňové výstrahy. K tomu je využíváno automatického zasílání zvukových zpráv pro poskytování přímého povodňového varování zákazníkům. S nástupem modernějších metod komunikace, i co se týče kapacity automatického systému hlasové pošty při rozsáhlejších povodních, byl uveden do provozu nový, komplexní a srozumitelnější program s názvem Floodline Warnings Direct. Součástí toho programu multimediální systém pro šíření varovných signálů, který umožňuje zaslání více varovných zpráv při použití široké škály metod, jako např. telefon, internet, e-mail, mobilní telefon a textové zprávy [55]. Pasivnější způsoby šíření povodňového varování jsou spravovány službou Floodline service, kdy zákazníci získávají informace prostřednictvím telefonních služeb, internetu, místního rozhlasu a televize.

2.8.2.2 Skotská agentura pro ochranu životního prostředí

Skotská agentura pro ochranu životního prostředí (SEPA) je uznávaným orgánem pro poskytování varování před záplavami ve Skotsku. Celkem SEPA provozuje 44 cílených programů povodňového varování pro většinu země, včetně urbanistických center jako je Glasgow a Edinburgh. Tyto systémy povodňového varování byly vyvinuty ve spolupráci s dalšími jednotkami zasahujícími při mimořádných událostech, jakými jsou policie či orgány místní správy. Především bylo přihlíženo k událostem během velkých záplav. Ve snaze zvýšit dostupnost povodňového varování, přijala SEPA službu Floodline service založenou EA, aby informace o záplavách byly přímo dostupné veřejnosti. V této formě však zůstává pasivním systémem a silně závisí na aktivních a efektivních kampaních týkající se povědomí o záplavách. V prosinci 2005 se SEPA spojila s EA, čímž získala přístup k 28 varování poskytovaným službou Storm Tide Forecast Service (financovaná a spravovaná EA od ledna 2005) na různých místech po celém skotském pobřeží. SEPA tak získala schopnost varovat při pobřežních záplavách.

Úlohu varování a informování již tradičně provádí policejní orgány, které upozorňují veřejnost na možné záplavy. Nezbytné informace zde poskytuje SEPA. Nicméně, diskuse s

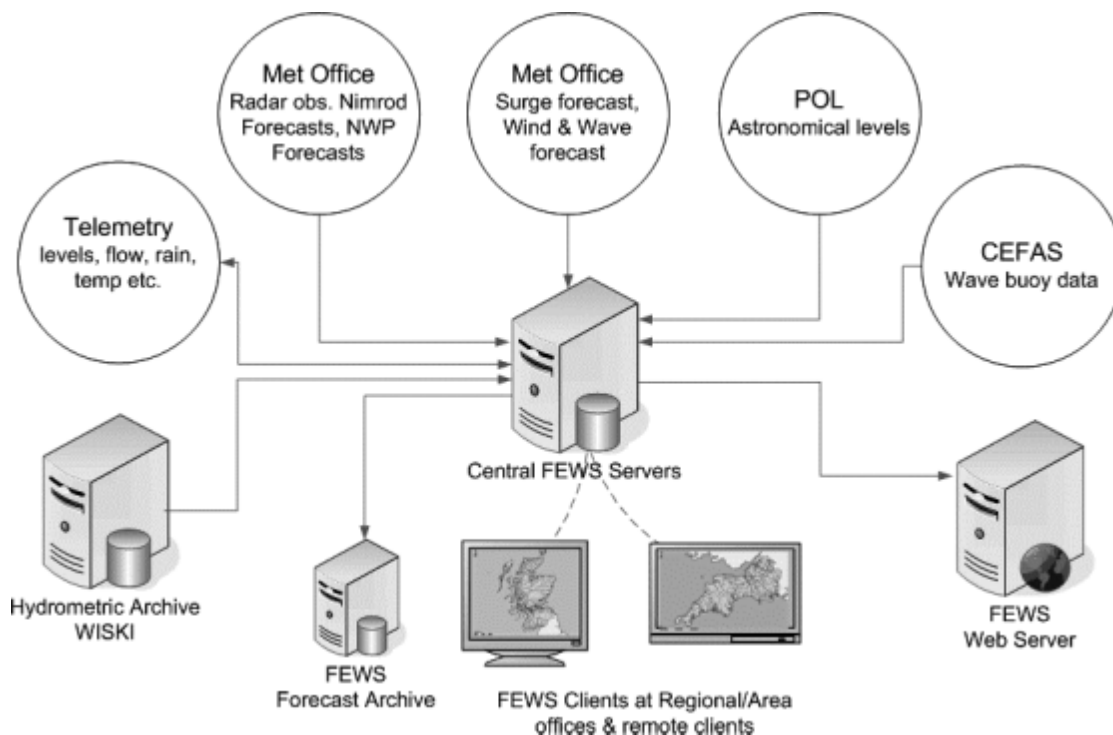
hlavními partnery v roce 2007 vedla k dohodě, na základě které SEPA přijala roli provozovatele a garanta národního systému pro zvládání povodňových rizik.

Nasazení a provoz systému FEWS integrovaného na národní úrovni (Skotsko) umožnilo aktivní šíření povodňových výstrah. Dává tak agentuře SEPA dobrou výchozí pozici pro poskytování účinné hlásné a předpovědní povodňové služby ve Skotsku. Současně nabízí ideální základ pro další rozvoj, který je klíčový pro zvládání budoucích výzev v této oblasti [52].

2.8.3 Distribuované řešení FEWS

K zajištění komplexního servisu, Agentura životního prostředí EA a Skotská agentura pro ochranu životního prostředí SEPA těsně spolupracují s několika dalšími agenturami a organizacemi jako jsou:

- UK Met Office, která poskytuje servis předpovědí, varování o silných srážkách a nepříznivém počasí, provozuje služby předpovědních modelů přívalových dešťů (UK STFS - Storm Tide Forecast Service) a služby výstrahy STFS.
- Společnost Proudman Oceanographic Laboratories (POL), která poskytuje přímořské astronomicky předpovídané hladiny vody a správu odpovídajícího modelu (vstup pro STFS).
- Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), poskytující data o hladině moře prostřednictvím široké sítě bójek.



Obrázek 7 Schéma zapojení jednotlivých systémů a organizací v koncepci FEWS

Úplný výčet organizací a komponent koncepce FEWS však zahrnuje celou řadu dalších, výše nejmenovaných (viz Obrázek 7 Schéma zapojení jednotlivých systémů a organizací v koncepci FEWS). V případě FEWS EA nejsou dostupná data z bójek, nicméně se na jejich integraci

pracuje. Co se týče FEWS Scotland, zde právě probíhá proces eliminace příjmu telemetrických dat prostřednictvím hydrometrického archivu. Ve většině ostatních aspektů jsou obě řešení podobná.

2.8.4 Závěry a výhled

Je zřejmé, že systémy a koncepce v oblasti operativní hydrologie prošly na britských ostrovech (stejně jako u nás) v průběhu posledních deseti let dramatickým rozvojem. Nicméně je možné pozorovat, že ačkoli se u nás podobá, je aktuální koncepce jak v rámci Anglie tak Skotska o krok dál. V obou zmíněných případech je totiž možné pozorovat trend integrace a budování distribuovaných řešení a to jak po stránce technologické (implementace systému Delft FEWS) tak procesní (viz řešení na národní úrovni – NFFS - National Flood Forecasting System). Podobným směrem se pak udávají i vize autora této práce v prostředí operativní hydrologie České republiky.

3 KRITICKÝ ROZBOR STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ

3.1 Analýza současného stavu

Tato kapitola je zaměřena na zhodnocení použité techniky, technologií a koncepce v oblasti sběru, přenosu a zpracování měřených a odvozených dat v rámci stávajících řešení monitoringu povodí. Revize a zhodnocení současného stavu je provedeno v rozsahu počínajícím u samotných měřicích stanic, přes přenos dat do centrální databáze až po jejich publikování.

3.1.1 Měřicí stanice Fiedler-Mágr

Tato analýza se z hlediska měřicích zařízení věnuje v povodích nejčastěji používaným stanicím dvou výrobců. Prvními jsou stanice firmy Fiedler-Mágr a druhými stanice firmy LEC.

Stanice Fiedler-Mágr v sobě zahrnuje univerzální datalogger, telemetrickou stanici s vestavným GSM/GPRS modulem, programovatelný řídicí automat a ve spojení s ultrazvukovými nebo tlakovými snímači hladiny i vícenásobný průtokoměr. Jednotku lze rozšířit o celou řadu externích modulů, kterými je možné měřicí sestavu modifikovat.

K dispozici je **16 (32)** dynamicky obsazovaných **záznamových kanálů pro měření** archivací průtoků, hladin, tlaků a mnoha dalších veličin. Chody a poruchy čerpadel, narušení objektu nebo obecně stavy kontaktů může monitorovat až 40 binárních kanálů. Jeden textový kanál zaznamenává všechny mimořádné události včetně přijatých i odeslaných SMS, výpadky v napájení apod.

Celková záznamová kapacita jednotky je větší než 400 000 hodnot, a proto k zaplnění paměti a k následnému přepisování nejstarších změřených dat tak v praxi dochází až po několika letech provozu.

Základní přípojná deska DPD obsahuje svorky šesti proudových vstupů 4-20 mA a osmi pulsně-binárních PV vstupů, sériové rozhraní RS485 a 2 spínací kontakty relé. Speciální **přípojně desky** obsahují ještě vstupy pro čtyřvodičové připojení teplotních senzorů Pt100, sériové rozhraní SDI-12 a napěťové vstupy.

Díky zabudovanému rozhraní RS485 lze **počty vstupů i výstupů značně rozšířit** a realizovat tak i velké měřicí sestavy. Maximálně lze přes rozhraní RS485 k jedné jednotce M4016 připojit dva vstupně-výstupní binární moduly DV a 16 výstupních modulů MAV420/DIN s galvanicky odděleným proudovým výstupem 4-20 mA.

Nástěnné provedení jednotky M4016 (viz Obrázek 8) - celá elektronická část jednotky včetně vstupně-výstupních obvodů i GSM/GPRS modulu je uzavřena v kompaktním kovovém odlitku, který zvyšuje odolnost jednotky proti vnějším nepříznivým klimatickým i elektromagnetickým vlivům. Navíc je tento kompakt uzavřen v robustní plastové skříni s krytím IP66 spolu s napájecím akumulátorem a přípojnou deskou.



Obrázek 8 Nástěnné provedení jednotky M4016

Jednotky se běžně používají ve trojím mechanickém provedení:

- Nástěnné provedení pro pevnou montáž
- Vestavné provedení pro zabudování jednotky do rozvaděče
- Provedení pro montáž na čelní panel

Programové řízení spotřeby připojených snímačů i vestavěného GSM modemu a nízká vlastní spotřeba jednotky založená na RISC procesoru a 3,3V logice umožňují nasadit jednotku i do míst bez síťového napájení. Obvyklá doba výměny akumulátoru bývá v takovýchto případech 6 až 12 měsíců při každodenním předávání změřených dat do databáze na serveru. Po připojení malého solárního panelu odpadají starosti s napájením jednotky úplně.

Měřicí stanici Fiedler-Mágr je možné hodnotit jako moderní a inteligentní řešení, umožňující relativně sofistikovanou výměnu dat, vzdálené ověření verze konfigurace stanice, získání konfiguračních dat na vyžádání v rámci navázaného spojení a získávat data zpětně z lokálního úložiště stanice. Nevýhodou je však nemožnost definování horního omezení intervalu dodatečně vyžadovaných dat. Současně je také slabinou řešení chybějící podpora standardních komunikačních protokolů.

3.1.2 Měřicí stanice LEC

Logger LEC (viz Obrázek 9 Zobrazení jednotky LEC) používá 16-bitový procesor RISC a 12-bitové převodníky. Celá obvodová koncepce je postavena na 3V technologii, napájené z vestavěného lithiového akumulátoru s dlouhou životností. Hlavní předností pro nasazení v terénu je použití výměnných MMC paměťových karet. Velikostí těchto karet je v podstatě určena kapacita záznamu. Díky stále se snižující ceně těchto karet není problém použít kartu o velikosti několika GBytů a získat tak obrovskou kapacitu záznamu. Není nezbytné komunikovat s dataloggerem pomocí počítače přes sériovou linku RS232 nebo USB, lze sběr dat z této karty

provést velmi rychle pouhou výměnou za jinou kartu. Modul je rovněž vybaven dvouřádkovým podsvětleným displejem LCD (2 x 16 znaků) a funkčními tlačítky. Zařízení je odolné vůči indukčním atmosférického přepětí. Ověřena byla i odolnost všech vstupů a výstupů, která daleko přesahuje rušení obvyklá v průmyslových prostředích.



Obrázek 9 Zobrazení jednotky LEC

Vstupy a výstupy měřicí stanice LEC:

- 8x analogový vstup (1x pro měření interního napájecího napětí):
 - z toho 4x diferenční vstup pro velmi přesná měření libovolných napětí a proudů (250 mV / 500 mV / 1 V / 2,5 V / 5 V / 10 V / 20 V / 5 mA / 20 mA),
 - dále 3x nediferenční pro měření napětí a proudů v rozsazích od 2,5 V (5 mA) výše,
 - 3x proudový zdroj pro přesná měření teploty (Pt100, 200, 1000),
- 8x digitální vstup (možné využít i jako čítačové):
 - 1x rychlý čítačový (do 1 kHz),
- 4x digitální výstup (možné využít také jako spínače napájení čidel aj.),
- 2x optočlen (možné zvolit galvanické oddělení vstupů nebo výstupů),
- 2x plnohodnotná RS232 až do rychlosti 115 200 baud (oba rovnocenné sériové porty RS232 lze použít k připojení počítače, sběrného terminálu nebo modemu),
- 1x RS485 slouží k připojení expanzních modulů, externích displejů, ale i k připojení inteligentních čidel komunikujících pomocí RS485.

Expanzní modul je odvozen ze základního modulu. Počet vstupů a výstupů je tedy shodný jako u základního modulu, chybí zde pouze vnitřní akumulátor, displej a paměťová karta. Expanzní modul se připojuje k základnímu pomocí linky RS485, a proto je počet připojitelných expanzních modulů prakticky nevyčerpatelný.

Pomocí **GSM modulu** lze realizovat přenosy dat GSM, GPRS a SMS. Samozřejmostí je i využívání přenosu při varovných hlášeních. Využitím nových technologií byl pro tuto aplikaci vybrán modem pracující opět s 3V logikou s nízkým odběrem energie a s vestavěným lithiovým akumulátorem.

Pro vzdálené přenosy dat se nasazují výrazně menší akumulátory. Modem lze připojit na jeden ze dvou sériových portů RS232. Telefonní modem je napájen z 12V zdroje a připojuje se k základnímu modulu na jeden ze sériových portů RS232.

Napájecí modul je určen k připojení síťového napájení 230V. Modul slouží k dobíjení akumulátoru a lze ho využít i k připojení solárního panelu. Je vybaven signalizací výpadku sítě a odpojovačem vybitého externího akumulátoru.

Měřicí stanice LEC je možné z hlediska firmware a možností komunikace a správy zařadit k jednodušším. Firmware stanice v době testování (2010) umožňoval pouze navázání spojení prostřednictvím protokolu GPRS a odeslání měřených dat. Stanice umožňuje získání dat zpětně, avšak pouze pomocí protokolu CSD – nikoli v rámci navázaného GPRS spojení, což je považováno za handicap. Zásadním nedostatkem je pak chybějící verzování konfigurace stanice, díky čemuž může dojít k výpadku komunikace z důvodu nekompatibility konfiguračních dat stanice a komunikačního modulu serveru po manuální zásahu do nastavení přímo na stanici.

3.1.3 Datové toky v povodí

Datovými toky je zde myšlena veškerá komunikace zajišťující sběr dat z měřicích stanic povodí. V současné době je tato úloha řešena celou řadou variant od relativně přímé komunikace mezi stanicí a systémem VHD až po krkolomné translace vyžadující součinnost systémů komerčních subjektů (třetích stran). Obecně se varianty komunikace dělí na pořízení aktuálních dat a doplnění chybějících dat.

Níže uvedené varianty komunikace rozlišují mezi dvěma základními typy komunikace.

3.1.3.1 Způsob komunikace producent – konzument

Přenos datové sady z měřicí stanice po centrální databázi je veden relativně různorodým prostředím. Topologie takové komunikace zahrnuje celou řadu uzlů, které mohou hrát v celém procesu různou roli v závislosti na níže uvedených variantách. Každý uzel (mimo prvního v pořadí – měřicí stanice) pak hraje nejdříve jak roli konzumenta, tak producenta dat. Jednoduchým příkladem může být Translační server povodí (viz schéma komunikace níže), který nejdříve v roli konzumenta přijímá datové sady poskytovatelů dat třetích stran a následně v roli producenta poskytuje tato data (v tomto konkrétním případě nijak upravená) dalším konzumentům. Každý komunikační blok producent - konzument pak probíhá v jednom z následujících režimů.

Time-Triggered komunikace

Komunikace, která je iniciována v daných intervalech po uplynutí určitého času od poslední komunikace, případně v exaktně definovaných časech (např. 00:00, 00:10, 00:20, ...). Tento

způsob komunikace je založen na kontinuálním ověřování. K přenosům tedy dochází i v případě, kdy strana producenta dat nemá k dispozici žádná data. Principiálně se jedná o způsob krajně nevhodný a cílem budoucí koncepce by měla být minimalizace počtu vazeb komunikační infrastruktury povodí fungujících na této bázi.

Nicméně tuto metodu nebude, vzhledem k heterogenosti a komplexnosti úlohy, nikdy možné eliminovat zcela. V těchto případech je pak třeba dodržovat následující pravidla. Komunikaci je třeba rozdělit na dvě části. První krok je ověření dostupnosti dat. K této úloze je třeba využít co nejúspornější protokol nevyžadující na straně producenta spouštění žádných rutin. Vzhledem k povaze této výchozí informace, tedy zdali jsou nová data pro daného konzumenta dostupná či nikoli, je možné vypustit taktéž autentizaci a autorizaci požadavku, čímž je dosaženo zásadního zrychlení a snížení režie na straně producenta dat. Až ve chvíli, kdy je konzument v rámci tohoto prvního kroku notifikován o dostupnosti dat na straně producenta, přistoupí se k druhé fázi, v rámci které je již provedena autentizace klienta, který je pak následovně autorizován k přístupu k odpovídajícím datovým sadám.

Komunikace v pseudo-reálném čase

Na rozdíl od předchozího režimu komunikace, probíhá v tomto případě iniciace veškerých zpracování kroků i dalšího poskytnutí dat ihned po a na základě přijetí dat. V ideálním případě je pak veškeré interní zpracování řešeno synchronně (je-li to z povahy dané úlohy možné) a na jeho konci je výsledek poskytnut dalšímu konzumentovi v závislosti na nastavení topologie.

Jelikož je pojem „komunikace v reálném čase“ velmi relativní, je použit termín „komunikace v pseudo-reálném čase“. Jedná se tedy o režim, kdy se po sobě jdoucí operace v rámci přenosu dat na sebe ihned navazují, a iniciace dalších kroků nevyžaduje zásah žádného dalšího aktivačního mechanismu. Tímto způsobem je možné docílit řádově lepších výsledků a zajistit maximální využití dostupné komunikační infrastruktury.

3.1.3.2 Získání aktuálních dat

Tato skupina zahrnuje všechny varianty získávání měřených dat, které zajišťují pořízení aktuálních dat, tedy dat s časem změření více či méně se blížící reálnému času.

Varianta A

Tento způsob řešení předpokládá provoz serveru na straně dodavatele měřicí stanice (třetí strana), který zajišťuje sběr a uložení dat prostřednictvím přímé komunikace se stanicemi (krok 1). Tato data jsou pak v definovaných dávkách a časových intervalech poskytována vlastníkovvi a provozovateli stanice – povodí. Jelikož dodavatel stanice jako nezávislý komerční subjekt nemá přístup do sítě povodí přímo, musí být data dodávána prostřednictvím Translačního serveru (krok 2). Jedná se o server ve vlastnictví povodí umístěný mimo intranet a tedy dostupný pro třetí strany. Zde je datová sada (dávka) uložena prostřednictvím FTP protokolu.

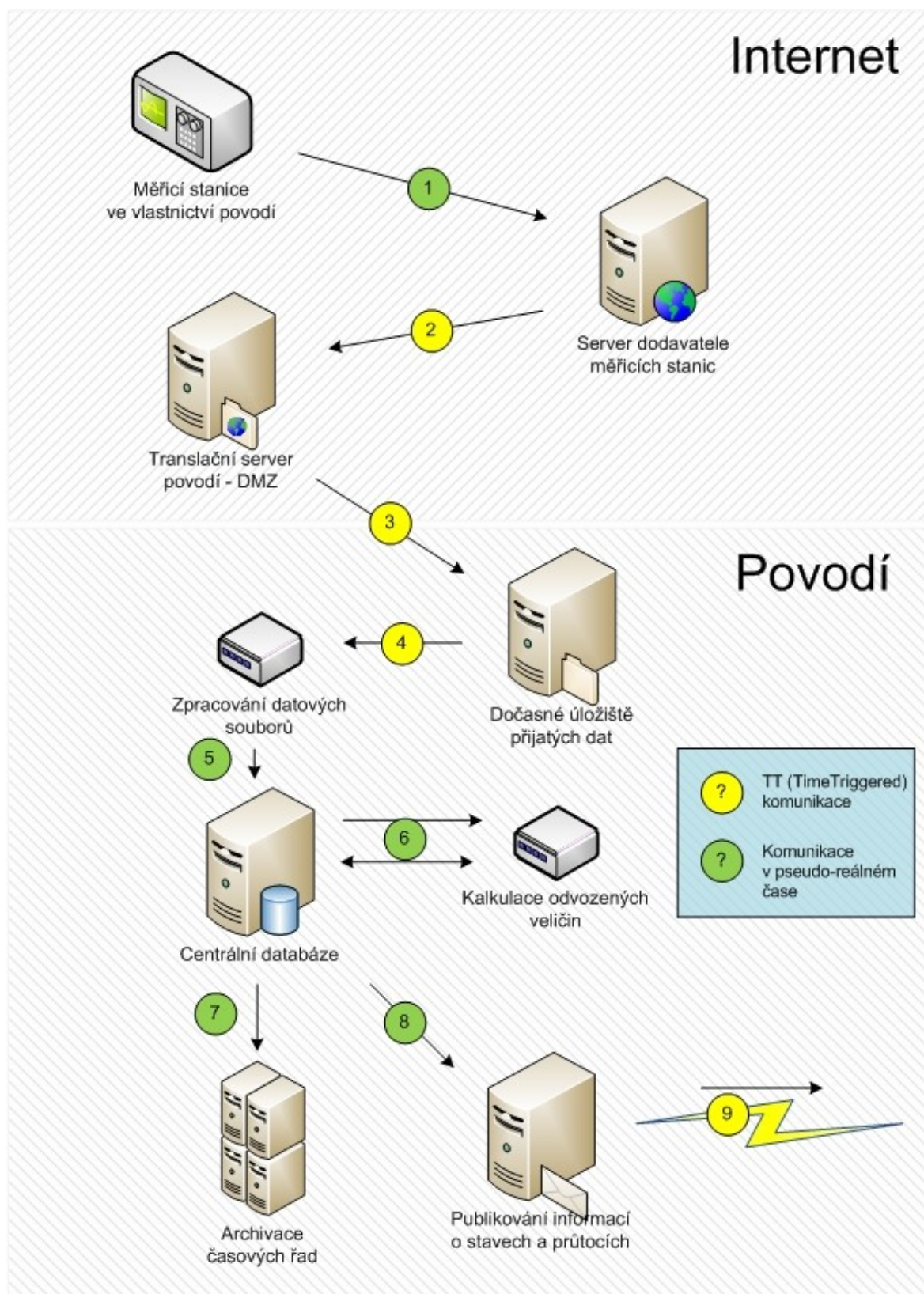
Data z Translačního serveru povodí jsou pak přebírána a ukládána v rámci interní infrastruktury povodí, kde čekají na zpracování (krok 3). Po zpracování (krok 4-5) jsou uložena do centrální databáze, odkud putují do archivu časových řad (krok 7). Měřená data uložená

v centrální databázi pak také slouží pro výpočet odvozených hodnot (krok 6) jako průtok a podobně.

Optimalizace zde probíhá především vhodným nastavením časových intervalů jednotlivých navazujících Time-Triggered komunikací. Touto metodou není možné ani vzdáleně možné dosáhnout efektivního provozu systému.

V rámci této varianty jsou využity následující protokoly:

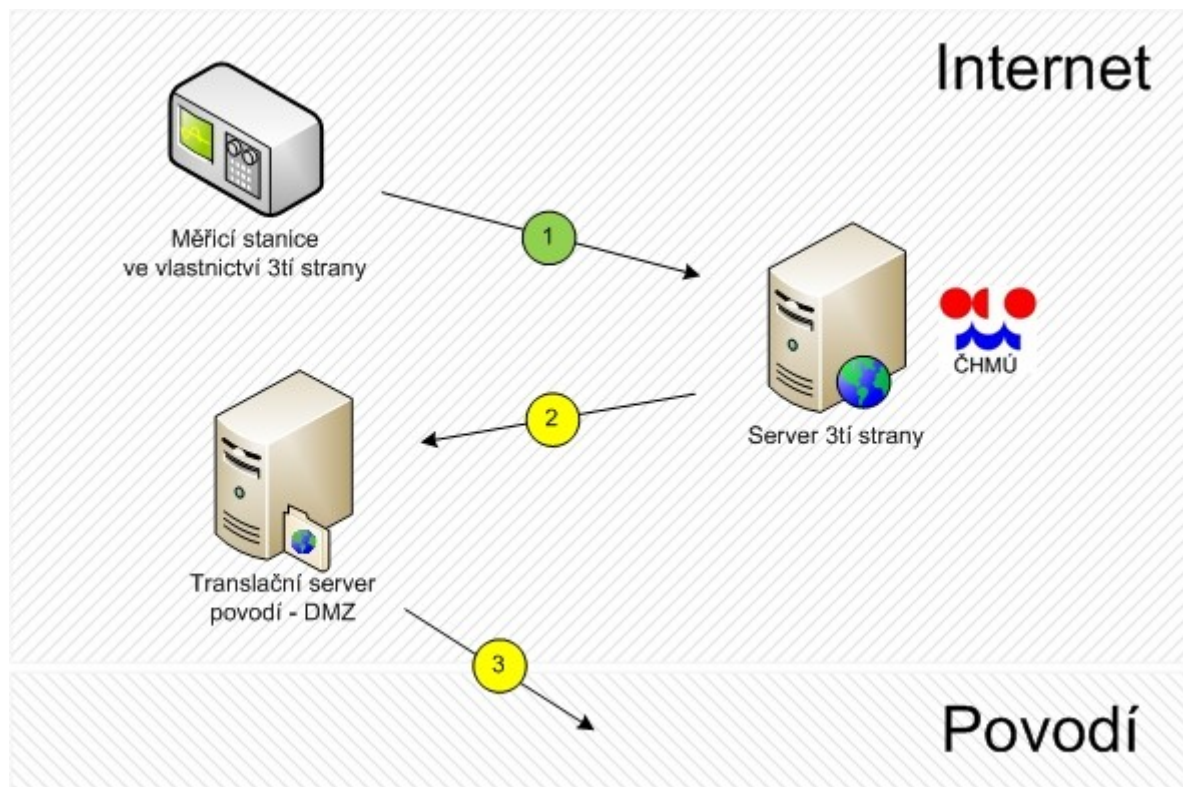
1. Proprietární protokol dle výrobce stanice (neexistuje podpora standardů)
2. FTP
3. FPT
4. Stream (přímý datový tok dle dané technologie)
5. SQL
6. SQL
7. SQL
8. Stream
9. FTP



Obrázek 10 Schéma komunikace producent – konzument: VARIANTA A

Varianta B

Jedná se o případ, kdy jsou do systému přebírány datové sady jiných poskytovatelů dat. Převážně se jedná o data pořízená v rámci měřicí sítě Českého Hydro-Meteorologického Ústavu (ČHMÚ), obcí a případně soukromých provozovatelů měřících stanic.



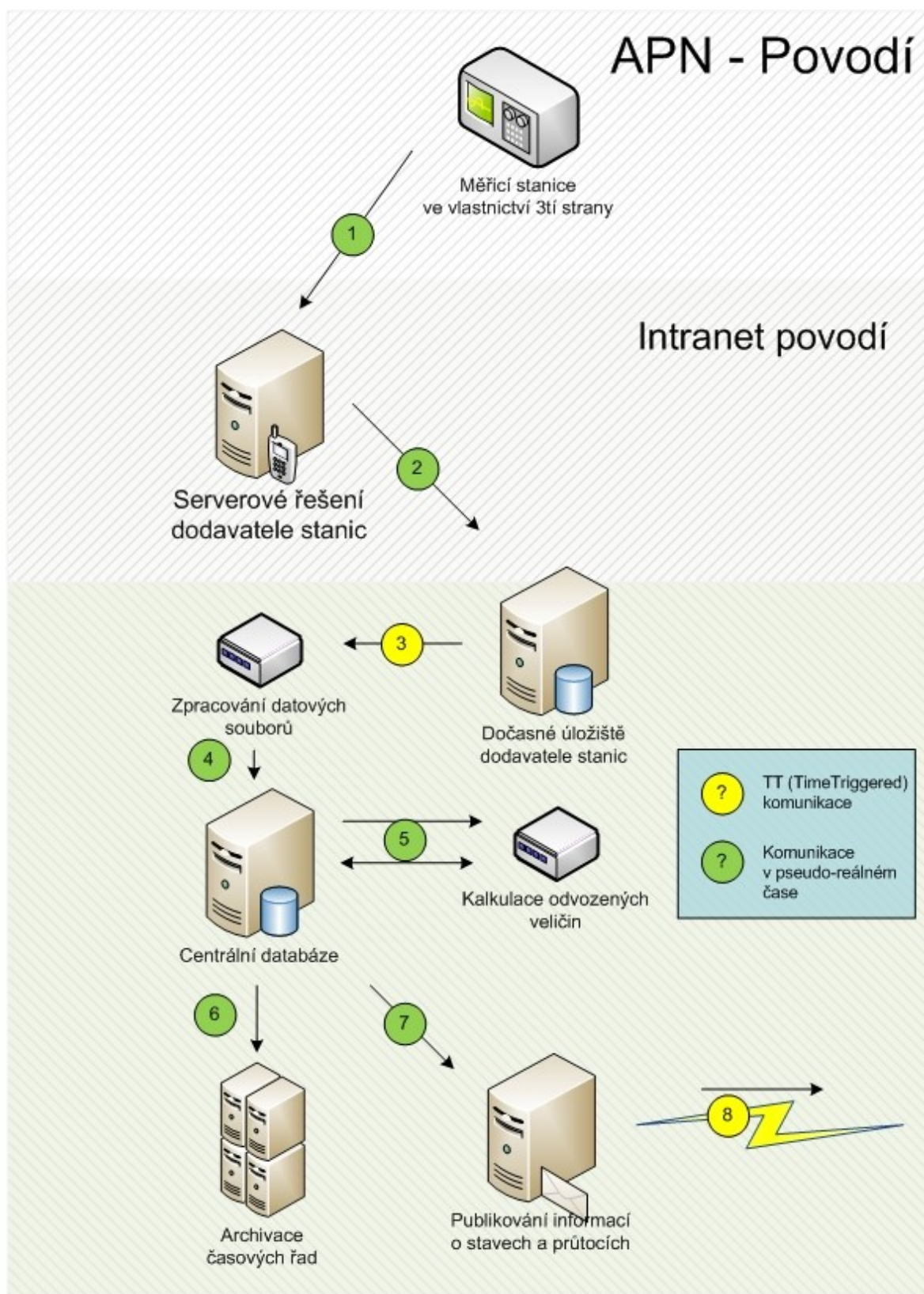
Obrázek 11 Schéma komunikace producent - konzument: VARIANTA B

Stejně jako v případě varianty A se jedná o externí subjekty, které nemají přístup k interní infrastruktuře povodí a jejich data tedy nemohou do systému vstupovat přímo. I zde je proto využíván Translační server povodí jako mezikrok, ne příliš ideálně, nicméně funkčně překlenující tento nedostatek.

V rámci této varianty jsou využívány identické protokoly jako u varianty A.

Varianta C

Poslední varianta je z uvedených zřejmě nejpříjemnější, avšak pouze z hlediska rychlosti zpracování (i když i tady jsou stále rezervy). Z hlediska nákladů spojených na správu, zátěže serverové infrastruktury a dlouhodobé udržitelnosti systému je toto řešení taktéž nevhodné.



Obrázek 12 Schéma komunikace producent - konzument: VARIANTA C

V rámci této varianty jsou využity následující protokoly:

1. Proprietární protokol dle výrobce stanice (neexistuje podpora standardů)
2. Stream (přímý datový tok dle dané technologie)
3. SQL

4. SQL
5. SQL
6. SQL
7. SQL
8. SOAP/XML

Rychlost je v porovnání s předchozími variantami vyšší z důvodu vynechání několika Time-Triggered komunikačních vazeb (viz schéma). Nicméně stále zde přetrvává TT vazba při předávání dat z dočasného úložiště ke zpracování. Daleko významnějším nedostatkem této varianty je však naprostá nekonceptnost takového přístupu. Provozovatel řešení je totiž nucen v rámci své technické infrastruktury zajistit provoz tolika serverových řešení, kolik je či bude různých dodavatelů měřících stanic (a technologií obecně) v povodí. Jejich software pak pro optimální funkčnost nezdědka vyžaduje provoz SW třetích stran, jako jsou databázové servery, ovladače pro přístup k uzavřeným formátům či registrace specializovaných COM objektů třetích stran. Správa takového přebujelého technologického organismu je pak velmi nákladná, přičemž tyto náklady mohou v čase pouze růst (nikoli se snižovat).

3.1.3.3 Získání chybějících dat

Obecně vzato je otázka dodatečného získání chybějících dat ze stanice složitější, než samotné pořízení aktuálních dat. Interval, ve kterém v časové řadě chybějí data, je obecně nazýván dírou v datech (anglicky Data Gap). Díra v datech může vzniknout z celé řady příčin, přičemž v některých případech již není možné chybějící data znovu přímo získat. V takovém případě je třeba data expertně doplnit speciálním validačním nástrojem – diskutováno dále v textu. K tomuto postupu se však přistupuje především, pokud předtím není možné data dodatečně získat z měřící stanice.

Získání chybějících dat ze stanice

Chybějící data je možné získat pouze za předpokladu, že díra v datech nevznikla výpadkem měřící stanice, ani porušením interního datového úložiště stanice. Vzhledem k tomu, že díry v datech vzniklé poruchou stanice představují necelé jedno procento všech výskytů, jedná se o velmi častý scénář. Tyto díry v datech vznikají nejčastěji výpadkem komunikační technologie nebo některého z uzlů topologie sítě. Z této skutečnosti vyplývá koncepční doporučení minimalizovat jejich počet na cestě od pořízení k finálnímu uložení a publikování. Mezi tyto uzly (jsou, jak už bylo uvedeno) patří především nejrozumnější translační servery, dočasná úložiště a další.

Dříve než dojde k vyžádání chybějící datové sady ze stanice, je třeba nejdříve díry v datech identifikovat. Existuje několik více či méně použitelných metod identifikace děr v časových řadách, nicméně stávající řešení povodí je v tomto směru silně heterogenní. Úloha získávání chybějících dat ze stanice je totiž řešena v závislosti na konkrétním dodavateli stanice a jeho konkrétním řešení či typu datového toku. Vezmeme-li v potaz nejčastěji používané stanice typu Fiedler-Mágr a LEC, je doplnění děr v datech řešeno přímým připojením stanice pomocí

vytáčeného spojení v síti GSM a stažení chybějící datové sady. V případě dodavatelů třetích stran je pak znovu dotazován Translační server a je ověřováno, zdali nebyla chybějící data doplněna.

Ani jedna z variant sice není zcela ideální, ale vzhledem ke stávající HW technologii na povodí a povaze komunikace s třetími stranami, jsou v řadě případů nenahraditelné. Otázce korektního řešení získání chybějících dat je věnován prostor dále v textu.

Doplnění chybějících dat – validační nástroje

V případě, kdy díra v datech vznikla z důvodu výpadku či dočasného odpojení měřicí stanice případně porušením interního paměťového média, je třeba přistoupit k expertnímu doplnění chybějícího intervalu časové řady. K této operaci je možné využít celou řadu nástrojů různých dodavatelů. Jedná se však opět o proprietární řešení, které není kompatibilní se systémem povodí. Proto by k takovému kroku bylo nezbytné exportovat časovou řadu do formátu podporovaného vybraným nástrojem pro validaci, provést samotnou úpravu či doplnění a následně data importovat zpět do systému.

3.1.3.4 Získání dat z vodních děl

Vodní dílo jako zdroj měřených dat se od běžné měřicí stanice liší z hlediska technického řešení svojí specifickou povahou. Měření na vodním díle je řešeno v rámci interního monitorovacího systému vodního díla, který je z hlediska bezpečnostní politiky povodí oddělen od sítě Internet. Z toho důvodu je na každém vodním díle v provozu translační stanice (někdy označovaná zkratkou SKPC), jejímž prostřednictvím jsou měřená data přenášena dále směrem k systému VHD. Výraz „směrem“ je zde použit záměrně, jelikož se opět nejedná o přímou komunikaci.

V současnosti se používají dvě varianty technologického zajištění přenosu dat z vodního díla prostřednictvím translační stanice. Jedná se o častěji využívaný otevřený komunikační protokol FTP, který je na některých místech nahrazen uzavřenými komerčními řešeními pro přenos dat.

Otevřený komunikační protokol FTP

Využití otevřeného komunikačního protokolu je nejčastěji použitou variantou a to přes všechny stinné stránky, které přináší. Důvodů je hned několik. Jedná se o jeden z nejstarších protokolů vůbec a jeho povaha v čase se dodnes nijak zásadně nezměnila. Proto přetrvává v řadě aplikací i v době, kdy existuje pro přenos dat tohoto typu řada výrazně vhodnějších alternativ. Dalším a zřejmě hlavním důvodem je široká podpora tohoto protokolu, ať už se jedná o integrace do existujícího programového vybavení, podporu na všech existujících platformách či dostupnost vývojových nástrojů pro všechna prostředí a programovací jazyky. V těchto ohledech je protokol FTP skutečnou jedničkou.

Přenos dat prostřednictvím uzavřeného řešení

Využití uzavřeného protokolu, tedy protokolu vyvinutého softwarovou společností nebo jinou organizací přináší v porovnání s FTP protokolem vyšší míru zabezpečení. Bezpečnost je však vyšší pouze relativně, jelikož spočívá v takzvané obfuskaci. Vzhledem k uzavřenosti

komunikace není totiž na jedné straně možné s jistotou říci, jaká je úroveň jejího zabezpečení. Na straně druhé však tato neznalost zamezuje případnému zneužití na úrovni běžně dostupných nástrojů. Kvalita zabezpečení takové komunikace se pak projeví až v situaci, kdy se dostane do hledáčku experta na bezpečnost datových toků a komunikací obecně.

3.1.3.5 Použité komunikační protokoly

Otevřené, široce podporované protokoly

FTP - File Transfer Protocol

Jak již anglický název napovídá, slouží protokol FTP převážně k přenosu souborů, nicméně jeho rozšířenost a podpora jej často dostává do rolí, pro které se nehodí. Stejně tak je tomu v případě datových toků v rámci povodí.

Ačkoliv je protokol FTP dnes pro přenos dat stále nejpoužívanější, má své problémy. Tím největším je bezpečnost. FTP je jedním z prvních internetových protokolů – vznikl v době, kdy Internet byl záležitostí několika univerzit, a bezpečnost nebyla prioritou. Veškerá komunikace je otevřená – v nezašifrované podobě putují Internetem nejen samotné přenášené soubory, ale i přihlašovací jméno a heslo.

Vzhledem k tomu, že jméno a heslo se po síti přenáší v otevřené, nezašifrované podobě, může ho odposlechnout kdokoli, kdo má přístup k počítači, který leží v cestě mezi uživatelem/klientem FTP serverem, tedy například mezi systémem VHD (klient) a translační stanicí vodního díla (FTP Server). V dnešní době existují jednoduché a volně dostupné nástroje známé pod názvem sniffery, které monitorují veškerý provoz v daném místě sítě. Případný útočník v nich může nastavit filtr, který monitoruje vybrané protokoly – např. právě FTP. Nástroj pak průběžně zpřístupňuje svému uživateli zachycené přístupové parametry k jednotlivým účtům FTP serverů.

V samotné páteři Internetu je samozřejmě reálné riziko odposlechu poměrně malé. Jednak většina provozu není směřována běžnými počítači, ale směrovači, na kterých se takový sniffer spouští obtížněji než na běžném počítači. K těmto počítačům a směrovačům má navíc přístup jen omezená, a je možné předpokládat, že zodpovědná skupina osob. Větší riziko odposlechu je v lokální síti. V rámci jednoho segmentu sítě lze totiž odposlechnout provoz jakéhokoliv počítače. Toto riziko se však stále snižuje, protože se v lokálních sítích stále častěji používají prepínače, které znemožňují odposlech celého segmentu sítě. Reálné riziko odposlechu tedy není nijak velké, ale je třeba s ním počítat.

Mimo nízké bezpečnosti však FTP disponuje pro datové přenosy tohoto typu dalším významným nedostatkem. Jde o vysokou režii, jak pro navázání a ukončení spojení, tak se zahájením a ukončením stahování souboru. Ačkoliv je možné dočíst se často o vysoké rychlosti protokolu FTP, není tato informace zcela obecně platná. Jak vyplývá z výše uvedených skutečností, je možno říci, že FTP protokol dosahuje velmi vysoké rychlosti v případě, kdy je stahováno malé množství extrémně velkých souborů. Tedy v případě, kdy nedochází k častému zahajování a ukončování přenosu jednotlivých souborů. Bohužel vzhledem k povaze úloh

přenosu řešených v rámci komunikace stanice se systémem VHD na povodí (tedy ke kontinuálnímu přenášení malých souborů) se jedná o variantu přesně opačnou.

Další nevýhodou v kontextu přenosu měřených dat ze stanice do systému VHD je relativně vysoká variabilita a konfigurovatelnou FTP Serverů. Ačkoliv se může tento parametr jevit jako na první pohled pozitivní, vnáší do komunikační trasy vysokou míru heterogenosti, která může zcela zásadně ovlivnit kvalitu přenosu. Často pak dochází k doručení porušeného nebo nekompletního datového souboru, s jehož zpracováním si pak systém na straně povodí nemůže poradit.

3.1.3.6 Proprietární - firemní protokoly

FINET

FINET je binární protokol s pevným rámcem (úvodní a ukončovací znak) určený pro přenos po duplexních i polo-duplexních komunikačních kanálech.

Měřicí přístroj FIEDLER (dále SF) se vždy chová jako SLAVE zařízení. Komunikaci vždy navazuje nadřazený systém na principu dotaz odpověď. SF odpovídá na každý dotaz pro něj určený, pokud ne, jedná se o závažnou chybu v komunikaci. Důležitým parametrem je doba označená jako klid na lince. Ta je podmínkou pro rozeznání začátku bloku dat. Obvykle je nastavena na trojnásobek doby potřebné k odeslání jednoho bytu. Tato prodleva je nutná jak na straně SLAVE mezi přijetím dotazu a odesláním odpovědi, tak i na straně MASTER po přijetí odpovědi před vysláním dalšího dotazu. Druhým časovým parametrem je maximální doba mezi jednotlivými byty zprávy. Po jejím vypršení je zbytek zprávy ignorován a čeká se na příchod nové zprávy (SLAVE) nebo se vyše opakovaný dotaz (MASTER).

Přenos probíhá pomocí TCP, kde stanice (jednotka M4016) je klientem. Serverem je komunikační démon spuštěný na známé IP (IP a port jsou zadány na všech stanicích stejně). Relaci zahájí stanice otevřením TCP spojení a odesláním své identifikace. Pokud je odpověď serveru kladná, může dále stanice odesílat nebo načítat data. Autentizace je platná pouze pro aktuální TCP spojení. Po jeho skončení ji je potřeba znovu opakovat. Celou relaci řídí klient, server pouze vykonává zadané úkoly. Pokud úkol nelze splnit, odpoví klientovi negativní odpovědí. Relace (i TCP spojení) je ukončena ze strany klienta nebo serverem po vypršení časového limitu od posledního dotazu. Pokud klient neobdrží odpověď serveru do stanoveného časového limitu, ukončí relaci i TCP spojení. Neúspěšnou relaci klient může opakovat ihned nebo později. Podobně i server ukončí relaci se stanicí, která neposlala po nastavený čas žádná data nebo posílá nekorektní formát dat.

Pro přenos služeb protokolu spolu s jejich parametry slouží pole DATA rámce protokolu. Řídící byte rámce je určen charakterem přenášených parametrů (zda převažuje zápis či čtení). Parametry jednotlivých služeb se liší podle typu přístroje a jeho verze. Pro identifikaci s jakým přístrojem se komunikuje, slouží služba IDENTITY, kterou podporují všechny přístroje ve stejném formátu.

LEC

Komunikace s loggerem:

Pro připojení k PC je možné použít program Hyperterminál (součást Microsoft Windows) nebo jiný komunikační program pro OS DOS. Lokální připojení pomocí sériového rozhraní RS232 nebo dálkové připojení pomocí modemu, se řídí pevně danými příkazy.

Formát příkazu: klíčové_slovo prm1,prm2,,,prmx (např. Login heslo)

První parametr za klíčovým slovem je oddělen minimálně jednou mezerou a celý příkaz končí znakem CR (0x0d). Každý příkaz čeká na odpověď: OK, ERROR, INVALID COMPETENCY. Seznam všech příkazů je přiložen v dokumentaci k danému dataloggeru.

Struktura a přijetí dat:

Soubory na kartě jsou uloženy v souborovém systému FAT16, takže je lze snadno číst bez jakýchkoliv speciálních SW podpor, tedy běžnými SW prostředky na bázi MS Windows. Pro každý kalendářní den je založen samostatný soubor s odpovídajícím jménem ve tvaru rok měsíc den (např. 20110726.dat). Data jsou uložena v textovém tvaru. V každém řádku souboru jsou zapsány všechny kanály, které měly dle zadané periody měřit.

Data z loggeru lze přijímat dvěma způsoby. Prvním způsobem je posílání příkazu do loggeru pomocí lokálního nebo dálkového spojení a vyčkat na posílání požadovaných dat. Druhým způsobem je přijímat data pomocí GPRS linky a zachytávat UDP datagramy na nastaveném portu. Změřená data se posílají na UDP port dle zadané periody jednotlivých kanálů. Data jsou posílána v textovém tvaru.

SATEC

Jedná se o rozhraní mezi centrálním uzlem vodohospodářského dispečinku a daty z vodních děl, která primárně pořizují aplikace firmy SATEC. Na jednotlivých vodních dílech jsou pracovní stanice, na kterých poběží služba. Tato služba kopíruje měřená data ze systému SATEC a pomocí vytáčeného spojení (případně ASDL spojení) změnová data (formát *.VD* nebo *.CSV) předává na dispečink. Na dispečinku jsou data dále zpracována. Služba zajišťuje také předávání dat z dispečinku na vodní díla a to pro zajištění zpětné distribuce dat systému SATEC v jeho nativním exportním formátu. Předávaná data jsou stejného formátu jako data načítaná. Je definován výčet takto předávaných signálů vybraných lokalit. Data jsou ve formátu signál, datum a čas, hodnota. Jako oddělovač slouží středník.

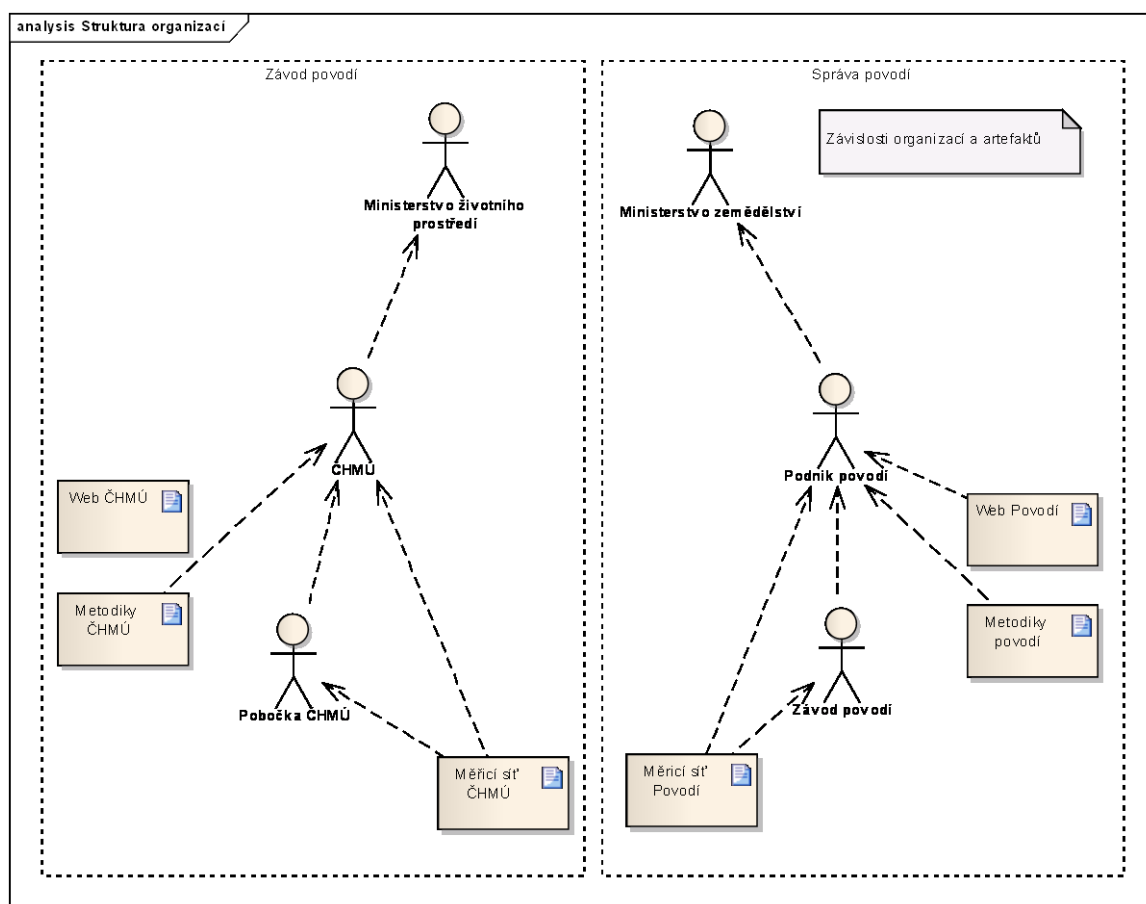
3.2 Analýza procesních vztahů operativní hydrologie

3.2.1 Kompetenční nevyhraněnost podniků

Z hlediska procesního je jedním z podstatných nedostatků značná kompetenční nevyhraněnost klíčových podniků/organizací, kterými jsou Český hydrometeorologický ústav a státní podniky správy povodí. Příčina této nevyhraněnosti má bez pochyby původ jak v historii těchto podniků a jejich vývoje, tak v současném nevhodném nastavení organizačních vazeb. K historickým důvodům patří zejména ne zcela vzácné změny organizačních struktur a formy podniků (zejména u podniků povodí). Avšak pravděpodobně stejnou měrou se na aktuálním stavu

podepisuje vývoj politické scény České republiky a zásahy politických činitelů. Tak jak dochází k výměnám na postech ministrů a jejich náměstků na právě odpovědných ministerstvech, dochází často také k obměnám na strategických postech těchto organizací. Ne zcela dávná historie popisuje i případy téměř kompletní náhrady profesionálního a zkušeného top-managementu správy povodí uměle dosazeným novým vedením, složeným převážně z laiků bez nezbytných zkušeností o to však přichylnějším k - za aktuální politickou scénou působícím - lobbistickým skupinám. Takovéto zásahy mají bezesporu destruktivní vliv na jakékoli budované koncepce, spolupráce, dlouhodobé plánování či procesní vztahy.

K dalším faktorům negativně ovlivňující efektivní fungování operativní hydrologie v České republice je zařazení klíčových hráčů (ČHMÚ a podniky správy povodí) do rozdílných státních resortů. ČHMÚ spadá do působnosti Ministerstva životního prostředí ČR, kdežto jednotlivé státní podniky správy povodí spadají pod Ministerstvo zemědělství.



Obrázek 13 Srovnání organizačního kontextu ČHMÚ a podniků správy povodí

Ze schématu struktury organizací je naprosto zřejmý překryv odpovědností, který je však již pouhým důsledkem výše uvedených vstupních nedostatků. Každá z organizací tak jedná nezávisle s cílem splnit zákonem specifikované povinnosti. V úhrnu se tedy jedná o nemalé množství bariér pro budování komplexních distribuovaných hydrologických informačních systémů.

3.2.1.1 Duplicita odpovědností

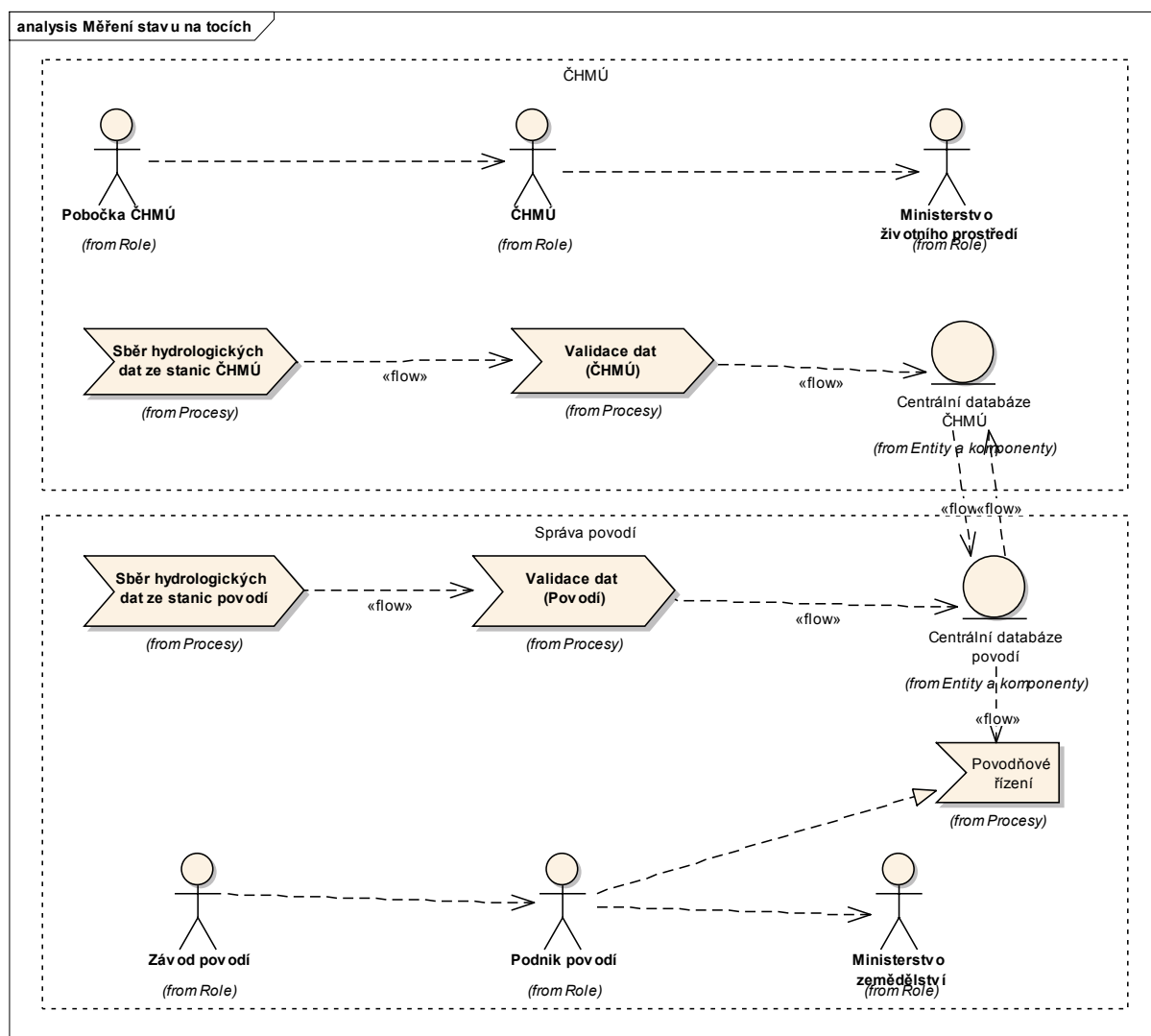
Značné duplicity v odpovědnostech a poskytovaných službách vznikaly v průběhu posledních let z nejrůznějších důvodů, kde však byla společným jmenovatelem vždy nedostatečná koordinace procesních vztahů a provozu ČHMÚ a podniků správy povodí obecně.

3.2.2 Měření stavu na tocích

Patrně jednou z nejnákladnějších duplicit či překrytí odpovědností dochází v případě budování, správy a provozu měřicí sítě na tocích a v jejich okolí. Na jedné straně tohoto případu vystupuje ČHMÚ, který jakožto organizace je dle Zákona č. 254/2001 Sb. - o vodách (vodní zákon) povinen provozovat tuto síť a pouze data poskytnutá ČHMÚ je možné považovat za platná z hlediska poskytování Hlásné předpovědní a povodňové služby.

Na druhé straně vystupují jednotlivé státní podniky povodí, mezi jejichž odpovědností spadá mimo jiné také správa vodních děl a toku. Jednou z nejrutinnějších činností správy povodí je pak manipulace na vodních dílech, která zejména ve středních a dolních částech klíčových toků hraje zcela zásadní úlohu v rámci povodňové ochrany. Tuto činnost provádí specializované pracoviště správy povodí - vodohospodářský dispečink. K výkonu této činnosti je však zapotřebí naprosto podrobných a zejména aktuálních dat o stavech a průtocích na toku, či jednotlivých částech manipulovaných vodních děl. Pro tyto účely provozují státní podniky správy povodí své vlastní měřicí sítě, které jsou zcela nezávislé na ČHMÚ.

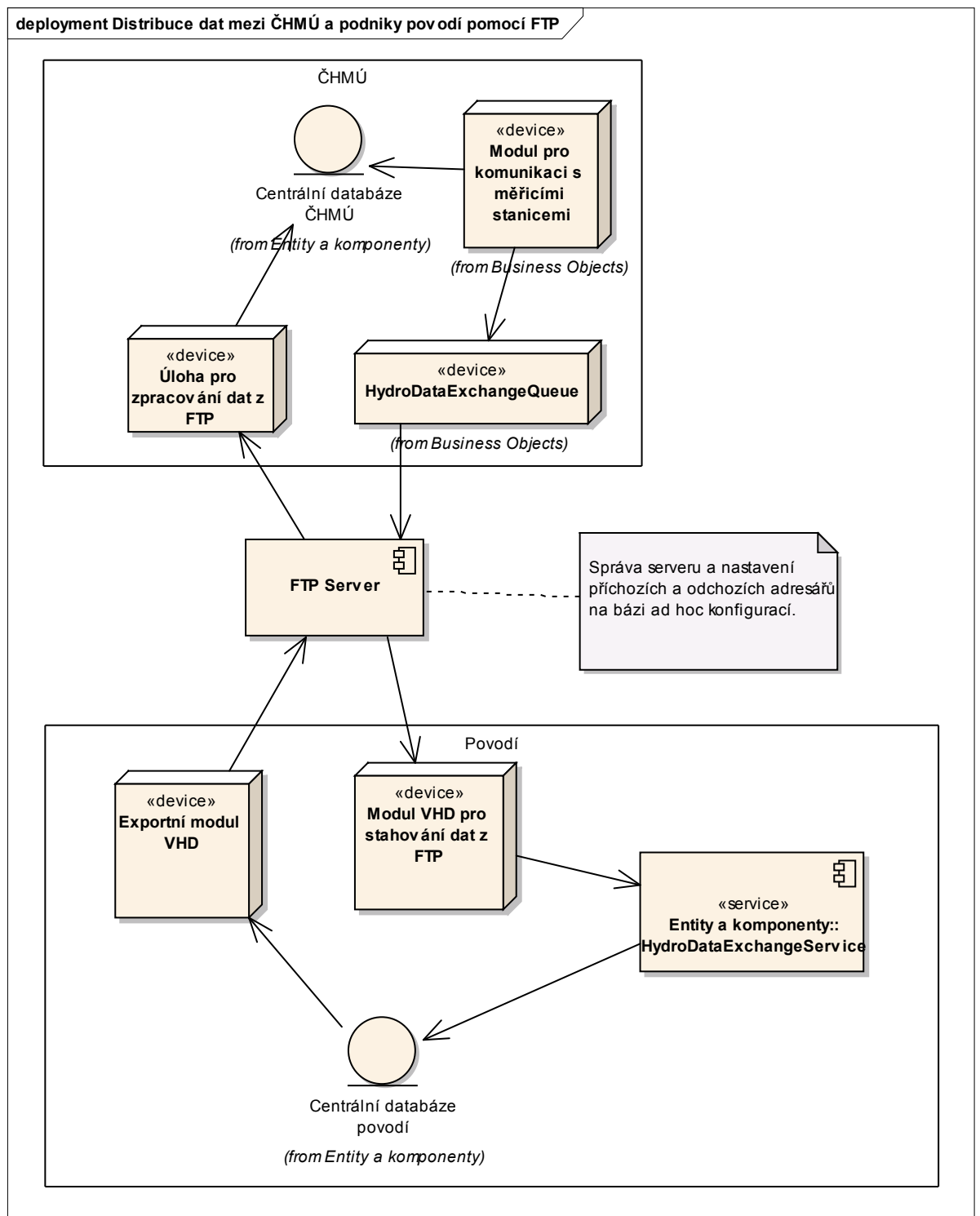
Jedním z pozitivních vedlejších efektů tohoto překrytí odpovědností je zajištění redundance na úrovni měřicích jednotek. V řadě případů totiž dochází ke zdvojení měřicích stancí na profilu, když je na místě provozována, jak stanice v majetku ČHMÚ, tak povodí. Často jsou pak tímto způsobem zabezpečeny proti výpadku zejména profily vyšší důležitosti (hlásné, A, B). Nejedná se však opět o jev či přístup koncepční ani plánovitý.



Obrázek 14 Srovnání procesů měření, sběru a validace dat – ČHMÚ a správa povodí

Výměna dat z hlediska procesního vztahu je definována rámcovými smlouvami o výměně dat mezi ČHMÚ a státními podniky správy povodí. Na základě této smlouvy získávají podniky povodí přístup k veškerým hydrologickým datům ČHMÚ a naopak.

Výměna měřených dat mezi těmito organizacemi však probíhá právě pomocí protokolu FTP, který pro tuto úlohu není z již dříve zmíněných důvodů zdaleka nejvhodnějším prostředkem. Obě organizace v tomto vztahu vystupují, jak v roli konzumenta, tak producenta dat (dochází k oboustranné výměně). Strana producenta dat zajišťuje export datových sad do dohodnutého formátu. Tyto exporty jsou prostřednictvím protokolu FTP zasílány na (k těmto účelům vyhrazený) FTP server, kde jsou umístěny do dohodnutého adresáře. Z tohoto adresáře jsou pak opět prostřednictvím protokolu FTP přenášeny na stranu konzumenta, kde je exportovaný datový soubor uložen. Tento přenos je prováděn v dohodnutých intervalech plánovanými úlohami. Stejně tak pak dochází na straně konzumenta k načtení přeneseného exportu z dočasného úložiště na úrovni souborového systému, jeho identifikaci (typ dat), zpracování (parsování) a uložení do centrální databáze konzumenta.



Obrázek 15 Schéma distribuce dat mezi ČHMÚ a podniky povodí pomocí FTP

Mimo všechny negativní aspekty tohoto způsobu komunikace zmíněné v kapitole 3.1.3 Datové toky v povodí, je třeba věnovat pozornost tomu, kolikrát se v předchozích odstavcích (záměrně) opakuje slovo „dohodnutý“. Celý proces totiž stojí na přímé dohodě mezi konkrétními podniky a organizacemi, která se ve většině případů liší dle regionu. Navíc se nejedná ani o oficiální dohody, ale čistě provozní ujednání technických pracovníků těchto organizací. Ani

vzdáleně zde proto není možné hovořit o jakékoli interoperabilitě na úrovni technologií natož o koncepci.

3.2.3 Validace dat

S problematikou pořizování měřených dat na tocích jednotlivých povodí je přímo spjata úloha validace těchto dat. Tato úloha je prováděna zkušeným hydrologem, který je schopen pomocí analytických nástrojů nalézt a verifikovat časové řady měřených signálů. Ty části časových řad, které nejsou schváleny verifikací, jsou následně opravovány (validovány). Validace je prováděna pomocí aritmetických operací nad intervaly hodnot, posunem času měření u intervalu hodnot či nahrazení intervalu hodnotami jiné časové řady. Validovaný signál, reprezentující jednu konkrétní měřenou veličinu je pak v centrální databázi ukládán a dále distribuován společně s původně naměřenými hodnotami.

Proces validace měřených dat je do značné míry ovlivňován těmito faktory:

- Zkušenosti hydrologa provádějícího validaci.
- Použité metodiky validace.
- Použité technické vybavení a analytické nástroje.

Validaci měřených dat si zajišťují jednotlivé podniky povodí tak ČHMÚ nezávisle a nekoordinovaně. Ve většině případů je validace řešena různými programovými produkty s rozdílnou úrovní co do nabízených validačních operací, tak kvality a struktury výstupních dat. A ačkoliv jsou know-how a zkušenosti hydrologů podílejících se na těchto úkonech sdíleny prostřednictvím odborných publikací a oborových konferencí, není při takového úrovní heterogenosti možné dosáhnout optimálních, jednotných a srovnatelných výsledků.

3.2.4 Archivace měřených dat

Veškerá validovaná data jsou jak na úrovni podniků povodí tak ČHMÚ dlouhodobě archivována. A stejně jako v předchozím případě dochází i zde ke značným rozdílům v přístupu k dlouhodobé archivaci hydrologických dat. Jak výběr technologií, tak plánování či zálohy archivních dat jsou řešeny „ad hoc“ dle konkrétní organizace v závislosti na politice IT oddělení podniku.

Zde je třeba upozornit, že k otázce archivace měřených hydrologických dat je třeba přistupovat s extrémní zodpovědností. Kvalitní archivace dlouhých časových řad (myšleno v řádech desítek let) je totiž jediným způsobem jak vybudovat dostatečné znalostní báze, které by v oblasti hydrologie otevřely dveře novým technologiím z oboru umělé inteligence, jako jsou například neuronové sítě.

Z toho důvodu je nezbytné, přistupovat k otázce archivace hydrologických dat jednotně ne pouze v rámci jednotlivých povodí, ale na úrovni národní.

3.2.5 Odvozování, měrné křivky a re-validace

Nedílnou součástí sledování aktuálních stavů vodních toků je proces výpočtu odvozených časových řad. Typickým příkladem odvozené časové řady (signálu) je například průtok (m^3/s)

odvozený prostřednictvím měrné křivky (viz kapitola 6.2.1 Průtok) z výšky hladiny (mm) či obráceně. Kalkulace průtoku však patří z hlediska matematického aparátu a nezbytných dat k nejtriviálnějšímu. V rámci mechanismu odvozování časových řad mohou být konstruovány celé stromy závislostí, kde se odvozená časová řada stává zdrojem pro další navazující. Současně může výpočet asociovaný k danému odvození vyžadovat ne pouze jednu hodnotu, ale celý interval hodnot. K tomu dochází například při odvozování hodinových, denních, týdenních, měsíčních či ročních úhrnů. Vzniká tak komplikovaná struktura matematických a datových závislostí, kterou musí systémy jednotlivých podniků povodí či ČHMÚ umět zpracovat a vyhodnotit.

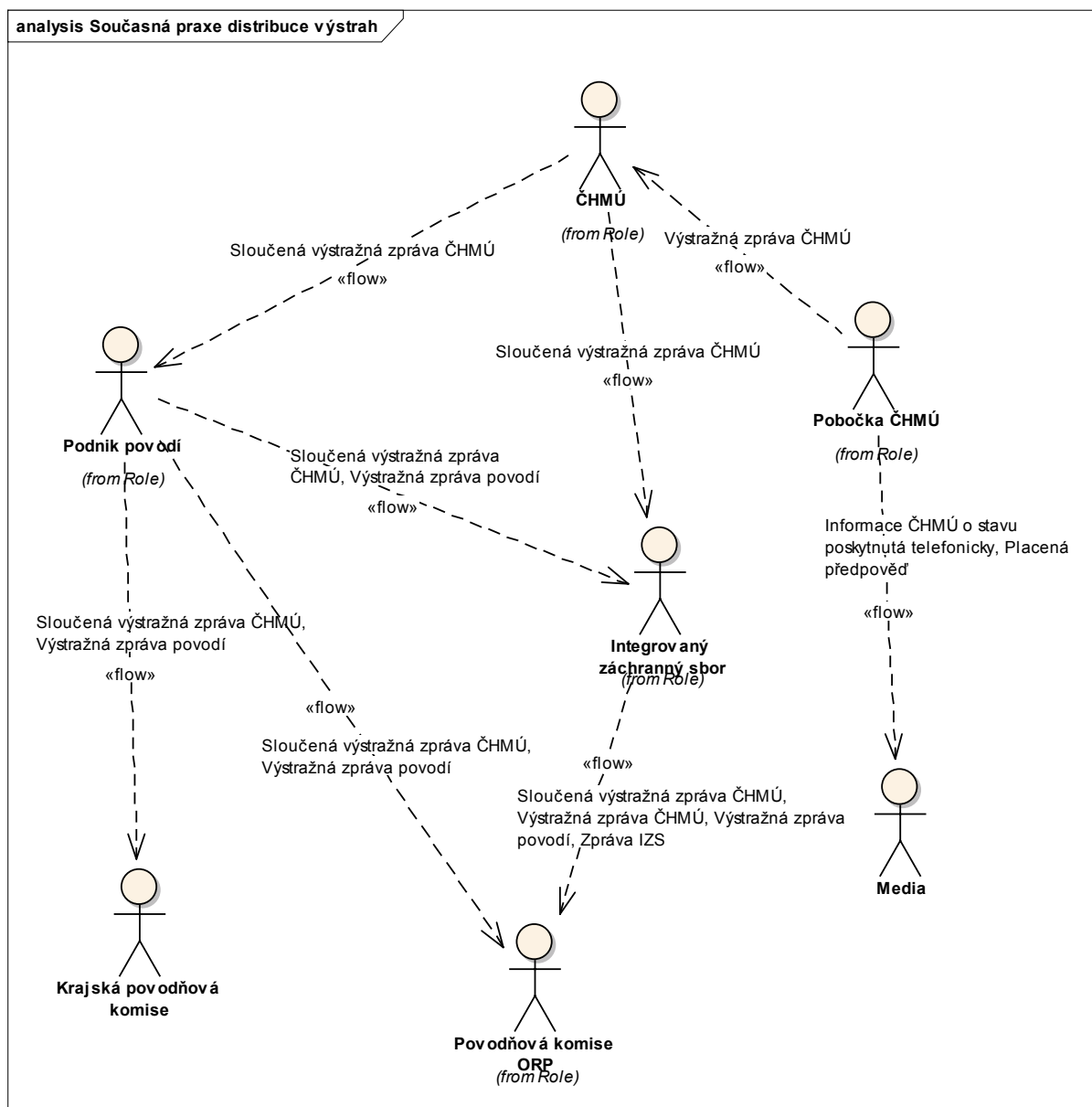
Komplikovanost této úlohy nadále rapidně vzroste v momentě, kdy dojde ze strany hydrologa k validaci některé ze zdrojové (například měřené) časové řady. Tím, že dojde k její validaci, stávají se veškeré odvozené hodnoty, všech navazujících signálů stromu závislostí, neplatnými. Provozovaná databázová platforma musí zajistit jejich přepočtení, což je z hlediska provozního netriviální úloha. Běžně se totiž může jednat o změnu desítek milionů záznamů i na základě triviální validační úlohy.

3.2.6 Distribuce výstražných zpráv

Problematika distribuce výstražných zpráv je jednou z těch, které již přímo ovlivňují fungování jednotlivých složek protipovodňové ochrany. Z hlediska jejího fungování byly v rámci této analýzy objeveny nedostatky ve dvou oblastech. Tou první je problematika použitých technologií komunikačních kanálů jednotlivých složek zapojených do systému protipovodňové ochrany České republiky. Druhým je absence restrikcí některých vazeb v rámci distribuce výstražných a informačních zpráv.

3.2.6.1 Technologie použité pro distribuci zpráv

Komunikační kanál použitý pro distribuci výstražných a informačních povodňových zpráv byl zvolen velmi prozaicky. Zprávy jsou mezi jednotlivými složkami zasílány prostřednictvím protokolu SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), jinými slovy emailem. Tato skutečnost přináší jak pozitiva, tak svoje rizika.



Obrázek 16 Současná praxe distribuce výstražných zpráv

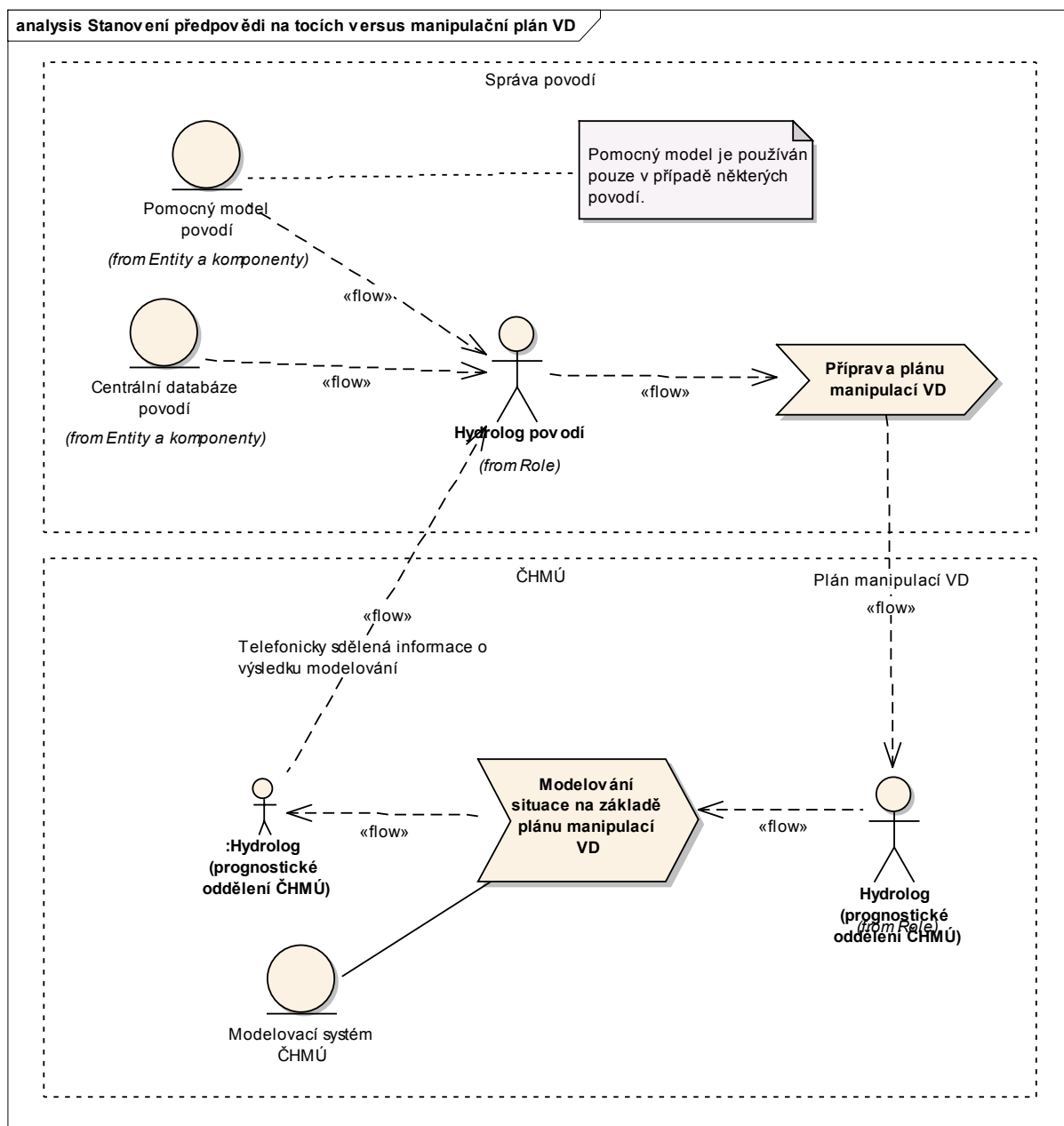
Je bezesporu, že použití tohoto protokolu je v dnešní době masově rozšířeno a podporováno, tudíž je tento způsob jednoduše použitelný a jeho provoz relativně levný. Tento přínos však z hlediska závažnosti přenášených informací, nedostatečně kompenzuje negativní stránky jeho využití. K těm patří zejména fakt, že komunikace prostřednictvím protokolu SMTP je (z hlediska datových komunikací) jednak krajně nespolehlivá a z hlediska bezpečnosti nedostatečná. Vhodně zvoleným postupem je totiž možné, jak takovou výstražnou povodňovou zprávu podvrhnout, tak zablokovat nevhodně nakonfigurovaný SMTP server zajišťující emailovou komunikaci té které organizace. Současně pak email není použitelný artefakt v případném soudním řízení, jelikož bez použití digitálního podpisu není možné jednoznačně identifikovat odesílatele.

3.2.6.2 Konflikty výstražných zpráv

Problémovým bodem celé koncepce distribuce výstražných a informačních zpráv je absence striktního vymezení informačních toků. Konkrétně se jedná o případ, organizace a orgány výše v distribuční hierarchii přeposílají všechny zprávy níže na krajské povodňové komise a povodňové komise ORP. Tyto nejnižší figurující role jsou pak příjemci velkého množství často se duplikujících zpráv a ne zřídka s rozdílným obsahem. A zde již dochází k významnému problému, jelikož je povodňová komise například nucena rozhodovat na základě dvou různých předpovědí. Jak potvrzují odborníci z praxe a například i někteří pracovníci vodohospodářských dispečinků povodí, obrací se v takových situacích zástupci povodňových komisí zpět telefonicky na některý nadřízený orgán (IZS, povodí, ČHMÚ) o doplňující informace, které by umožnily správnou interpretaci zpráv. V případě časově vypjatých situací k jakým dochází například při bleskových povodních, může vést tento koncepční nedostatek až k vážným chybám při rozhodování.

3.2.7 Manipulační plán versus předpověď

Jak již bylo zmíněno, je manipulace vodních děl jednou z klíčových činností správy povodí během (i mimo) probíhajících povodní. Jedná se o odpovědnost, která je jasně legislativně přiřčena správě povodí. Na druhé straně však plán manipulace vodních děl natolik zásadně ovlivňuje vývoj povodňové aktivity (zejména na středních a dolních tocích), že je sám o sobě jedním z klíčových vstupů hydrologických modelů ČHMÚ při stanovování předpovědi vývoje hydrologické situace. Příprava plánu manipulací vodních děl na straně správy povodí však vyžaduje jak aktuální data z povodí přebíraná z centrální databáze povodí, tak podporu modelu povodí. Ta však v případě některých povodí chybí a je zde zastoupena expertním přístupem dispečerů, kteří pak stanovují manipulační plán na základě vývoje povodňové situace zjištěné měřicími stanicemi na horních tocích. V obou dvou případech (ať už s pomocným modelem, nebo expertním přístupem) může dojít ke kolizi výsledku s výsledkem modelu provozovaného na straně ČHMÚ. A zde je třeba připomenout, že právě ČHMÚ je organizace ze zákona odpovědná za modelování předpovědi povodňové situace. Může se proto stát, že hydrolog na straně ČHMÚ vrací plán manipulace vodních děl zpět na stranu povodí k přehodnocení, případně je situace konzultována s odpovídajícím pracovníkem telefonicky.



Obrázek 17 Stanovení předpovědi na tocích versus plán manipulací VD

Je patrné, že se opět jedná o kolizní situaci, řešitelnou na úrovni technologií. Legislativně či metodicky je tento stav naprosto korektní, protože správa povodí musí vždy plně odpovídat za manipulace prováděné na vodních dílech stejně jako ČHMÚ odpovídá za vydávané předpovědi.

3.3 Závěry vyplývající z analýzy

Je možné říci, že technologická základna pro přímý sběr měřených dat na tocích je relativně konzistentní. Použitá zařízení nejsou technologicky nijak zásadně variabilní a tak neznemožňují případné úpravy ve stávajících odpovědnostech za jejich provoz. To stejné však již není možné tvrdit o koordinaci koncepcí mezi ČHMÚ a jeho pobočkami vůči státním podnikům správy

povodí. V rámci této kritické analýzy je jako hlavní napravitelný činitel identifikováno nevhodné zařazení podniků správy povodí do jiného resortu než je tomu u ČHMÚ. V průběhu analytických prací se však autor setkal s velkou dávkou vynalézavosti a profesní soudržnosti jednotlivých technických pracovníků správy povodí a ČHMÚ, kteří tyto koncepční nedostatky řeší neoficiálními, nicméně fungujícími „ad hoc“ řešeními. Tyto řešení se však liší případ od případu a vždy reflektují jak technické možnosti daných podniků či poboček, tak inženýrské dovednosti jejich pracovníků či spřízněných dodavatelských firem.

Mimo rizika zmíněná v této analýze jsou jedním z podstatných negativ také vysoké náklady na provoz technologií spravovaných jednotlivými podniky nezávisle. Ať už se jedná o provozování měřicí sítě, její obnova, servis či správa (výměna baterií, kalibrace atd.), nákup komunikačních služeb ze strany operátora, provoz centrálních databází, jejich zálohování a archivace nebo nejednotný nákup programových produktů pro identické úlohy, je nekoordinovaný přístup k těmto otázkám v podstatě plýtváním prostředky. Uvážlivé nasazení správné koncepce by naopak mohlo umožnit uzavírání výhodnějších smluv díky jejich většímu rozsahu.

K souhrnu výše zmíněných nedostatků je třeba připomenout, že se zde jedná o kritickou analýzu, která klade důraz především na nalezená slabá místa koncepce a praxe, která je sama o sobě tak rozsáhlá, že pouze její komplexní analýza by výrazně přesáhla rozsah této práce. Provoz HPPS je i přes její relativní „mládí“ možné považovat za spolehlivý a kvalitní.

4 TECHNOLOGIE SERVISNĚ ORIENTOVANÝCH ARCHITEKTUR

4.1 Servisně orientovaná architektura

Architektura orientovaná na služby (Service-Oriented Architecture, SOA) a její reálná implementace – webové služby (Web Services, WS) patří v dnešní době k nejdiskutovanějším tématům na poli distribuovaných informačních systémů. Ačkoli myšlenka SOA není ve své podstatě nová (na podobném principu pracovaly již např. koncepty CORBA nebo Microsoft DCOM) zaznamenává velký rozvoj až v posledních letech a to především díky dvěma faktorům. Prvním z nich je dostatečná technická podpora. Sem můžeme zařadit spolehlivé přenosové sítě, kvalitní komunikační protokoly i dostatečný výpočetní výkon dnešních počítačů. Druhým faktorem jsou požadavky firem na takové IT prostředky, které budou mnohem více svázané s obchodními záměry a s procesy probíhajícími uvnitř firmy, než dosavadní informační systémy [28].

Servisně orientovaný přístup je při návrhu IS vhodný mimo jiné tam, kde navrhovaný systém vykazuje známky distribuovanosti. K tomu dochází v případech, kdy systém jako celek funguje v komplikovanější organizační struktuře, jakou může být například skupina organizací či velká firma s řadou divizí a oddělení. Systém integrované správy vodních zdrojů je typickým případem rozsáhlého informačního systému, fungujícího v heterogenním, distribuovaném prostředí [22].

Jedním z prvních kroků při analýze a návrhu takového systému je spolu se specifikací požadavků a případů užití také popis jednotlivých procesů probíhajících v dané organizační struktuře.

V současné době neexistuje žádná definice, která by přesně vystihovala podstatu SOA. Můžeme však říci, že SOA je určitým stylem pro vytváření distribuovaných informačních systémů. Jedním dechem je však nutné dodat, že SOA je také nástrojem pro realizaci byznys procesů [28].

4.2 Byznys procesy a jejich modelování

Byznys proces je po částech uspořádaná množina procedur a aktivit, které společně realizují podnikatelský nebo strategický cíl, obvykle v kontextu organizační struktury definující funkce rolí a jejich vztahy. Pojmem procedura rozumíme pod-proces obsažený v daném procesu. Pojmem po částech uspořádaná množina pak vyjadřujeme fakt, že ne všechny aktivity a procedury lze seřadit do jediné posloupnosti. Takových posloupností může být více a mohou být řazeny vedle sebe – mohou být souběžně, paralelně uskutečnitelné [23].

Modelování byznys procesů je klíčovou součástí vývoje programového produktu. Umožňuje v analýze zohlednit široký kontext, ve kterém daný proces probíhá, včetně jeho vazeb

na něj. Takovýto model pak poskytuje náhled na navrhovaný systém zasazený do organizační struktury a každodenních aktivit prostředí, pro něhož je navrhován.

Byznys procesy se tímto stávají ideálním nástrojem pro modelování hydrologicky orientovaných informačních systémů, jelikož umožňují srozumitelnou formou popisovat současně jak systém environmentální tak informační, včetně jejich vazeb v kontextu existujících organizačních struktur.

4.3 Realizace byznys procesů

Nasazení servisně orientovaného přístupu při návrhu systémů umožňuje velmi jednoduše a efektivně reflektovat byznys procesy organizace či prostředí, v němž má být navrhovaný systém implementován. Obecně je možné říci, že mluvíme-li o systému jako o softwarovém díle, stává se každý byznys proces modelem kandidátem na webovou službu. Jinými slovy existuje pravděpodobnost, že proces dokumentovaný v modelu byznys procesů bude v dalších fázích vývoje implementován jako služba. Tato skutečnost částečně vyplývá z charakteru byznys procesu: vstup, výstup, začátek a konec [23].

V momentě, kdy fungování systému či organizační struktura, v níž má být systém zaváděn, přesahuje svým rozsahem prostor jedné budovy, komplexu budov či jednoduše řečeno rámeček lokální sítě/intranetu, nastává situace, kdy je komunikace mezi jednotlivými takovými středisky často možná pouze prostřednictvím relativně pomalé, heterogenní a nespolehlivé sítě Internet s bezpečnostními riziky. Zde již není možné realizovat celou řadu běžných operací v prostředí rychlé lokální sítě. Budovat v takovém prostředí (sít' Internet) dobře fungující informační systémy proto předpokládá nasazení jiných metod a přístupů při jejich návrhu. Možným řešením je právě nasazení SOA. Servisně orientovaný přístup zde nabývá zcela zásadního významu, jelikož umožňuje reflektovat nejen organizační strukturu prostředí, ale také jeho prostorovou distribuovanost.

4.4 Implementace systémů v heterogenním prostředí

Budování rozsáhlých distribuovaných informačních systémů v řadě případů předpokládá mimo vývoje nových také zapojení již existujících a prověřených systémů. Jejich spolehlivé fungování je často vázáno na experty, osvědčené postupy, know-how a v neposlední řadě mohou být determinovány legislativními a organizačními požadavky. Příkladem může být Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), který poskytuje celou škálu ze zákona garantovaných informací a služeb (informace o množství srážek, předpovědi atd.).

Jednotlivé procesy probíhající v takovýchto dílčích systémech jsou pak téměř vždy vázány na existenci pokročilých a verifikovaných numerických řešení, která jsou implementována na různých platformách.

Implementace servisně orientované architektury pak musí zohledňovat všechny tyto aspekty a nabídnout řešení nezávislé na platformě či programovacím jazyce. Všechny tyto požadavky splňují Webové služby.

4.5 Webové služby

Webové služby představují systém navržený pro podporu přenosu informací mezi počítači různých platform. Jde tedy o obdobu technologií určených pro vzdálené volání funkcí v distribuovaných systémech jako CORBA či RMI. Na rozdíl od nich jsou však webové služby navrženy pro komunikaci mezi různými platformami (operačními systémy, programovacími jazyky, architekturami počítačů atd.) [32].

Webové služby poskytují standardizovaný přístup ke spolupráci mezi různorodými programovými produkty fungujícími na nejrozličnějších platformách [22]. Přínos webových služeb spočívá zejména ve významné podpoře interoperability a možnosti strojově zpracovávat dokumenty popisující jednotlivé služby. Každá služba je takto popsána pomocí jazyka Web Services Description Language (WSDL). Jedná se o formát založený na značkovacím jazyce XML. Díky tomuto přístupu je možné sestavovat automatizované postupy pracující nad existujícími službami. Jednotlivé služby poskytující jednoduché exaktní úlohy je pak možné kombinovat a konstruovat tímto způsobem sofistikované informační systémy [32].

4.5.1 Značkovací jazyk XML

Vyjmenujeme-li stručně hlavní výhody XML oproti speciálním formátům dat, jsou to především tyto:

- Samo-popisný, platformě nezávislý, otevřený textový formát,
- jednoduchá možnost validace a kontroly správnosti dat,
- možno použít různé kódování,
- možnost přenosu i binárních dat,
- rozšiřitelnost s možností definovat vlastní značky a strukturu.

Z uvedeného je zřejmé, že díky svým vlastnostem, především pak prvním třem výhodám, je XML obecně řečeno velmi vhodný formát pro ukládání a výměnu dat. Samo-popisnost, nezávislost na platformě a možnosti kontroly dat ocení především tvůrci informačních systémů. Založení na textovém formátu a možnost různého kódování jazyků je pak velmi vhodnou vlastností pro použití v síti Internet, tedy pro možnost tvorby například webových informačních systémů a webových služeb a aplikací. Rozšiřitelnost a možnost definovat vlastní značky a datovou strukturu pak znamená, že XML je velmi flexibilní a univerzální nástroj pro ukládání a výměnu dat snad ve všech oborech lidské činnosti, tedy i v operativní hydrologii.

Význam formátu XML tedy bude především tam, kde je třeba pořizovat, zpracovávat, ukládat a poskytovat jakákoliv data. Zde se XML ukáže jako vhodný nástroj pro práci s těmito daty a velmi se ocení výše uvedené výhody. Otevřenost XML pak zajistí, že informační systémy, aplikace a služby založené na formátu XML budou mít dlouhou životnost a tím přímo přispívá k rapidnímu snižování nákladů na jejich budování a přede-vším údržbu.

Byly a jsou to právě otevřené standardy, jež umožnily a akcelerovaly rozvoj webových služeb. Ve své podstatě, otevřené standardy jsou alfou a omegou celého Internetu se všemi jeho

službami. Potřeba těchto otevřených standardů, jak bylo již zmíněno výše, si vynutila i současnou existenci formátu XML. A právě XML a webové služby na něm založené se pak stávají nástrojem pro integraci webových aplikací.

4.5.2 WSDL

Web Services Description Language (WSDL) je jazyk založený na formátu XML. Se standardizací komunikačních protokolů a formátů zpráv vyvstává stále více potřeba možnosti popisu komunikace nějakým strukturovaným způsobem. WSDL využívá XML pro popis síťových služeb jako kolekce komunikačních bodů schopných výměny zpráv. Je určený pro popis webových služeb a přístupu k nim [32].

4.5.3 SOAP

SOAP (Simple Object Access Protocol) je protokolem pro výměnu zpráv založený na XML přes síť, nejčastěji prostřednictvím HTTP. Formát SOAP tvoří základní vrstvu komunikace mezi webovými službami a poskytuje prostředí pro tvorbu sofistikovanější komunikace. Existuje několik různých druhů šablon pro komunikaci na protokolu SOAP. Nejznámější z nich je RPC šablona, kde jeden z účastníků komunikace je klient a na druhé straně je server. Server ihned odpovídá na požadavky klienta [32].

4.6 Webové mapové služby XML dle Open Geospatial konsorcia

Hlavním přínosem webových mapových služeb definovaných dle Open Geospatial konsorcia [43], [44] je umožnění sdílení dat GIS v distribuovaném prostředí Internetu. Uživatelé tím mohou sdílet mapy a aplikace bez nutnosti mít příslušná data na svém počítači nebo serveru. Typickým příkladem je zobrazení komplexní tematické mapy obsahující data z různých serverů on-line v internetovém prohlížeči (tenkém klientovi) či desktopovém GIS programu (tlustém klientovi).

Vzhledem k tomu, že některé servery mohou služby nejen poskytovat, ale také je i zpracovávat (vyžadovat po jiných serverech), lze služby navzájem řetězit. Tento princip se nazývá kaskádování. Více viz kapitola 5.3.1. Kaskádové mapové servery.

4.6.1 Open Geospatial Consortium, Inc.

Vývoj v oblasti Geografických informačních systémů směřuje k přechodu z prostředí desktopových produktů k distribuovaným GIS systémům, založeným převážně na potenciálu webových služeb. V souvislosti s tím se hovoří o tzv. interoperabilitě v GIS. Chápání interoperability přesahuje schopnost integrace nespočetných dat různých datových formátů, jde i o integraci na úrovni programových aplikací, webových i jiných služeb.

Zachovávání interoperability v GIS zajišťuje vývoj standardů a specifikací a jejich používání. Jde jednak o standardizování datových formátů a struktur, ale také o standardy a

specifikace pro definice výpočetních postupů, algoritmů, specifikace aplikačních rozhraní, protokolů a samozřejmě také webových služeb.

Jednou z nejdůležitějších organizací zabývajících se standardizací v Geografických informačních technologiích je konsorcium Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC).

OGC konsorcium nabízí specifikace pro GIS, které jsou zveřejněné a volně přístupné na domovských internetových stránkách OGC [1]. Tato otevřenost není nepodobná myšlence otevřenosti produktů Open Source a Free Software. V současné době si svět Geografických informačních systémů bez OGC specifikací dovede představit jen málokdo. Stejně to platí i Open Source a Free Software produktech.

Článek se zaměří na konsorcium OGC, poohlédne se po specifikacích běžně používaných v praxi, ale také zmíní ty, které se v běžné praxi teprve objeví.

Zásadní vliv na specifikace a standardizaci v GIS má několik konsorcií. Například konsorcium W3C (World Wide Web consortium) [3] se sice přímo standardizací v Geoinformatice nezabývá, ale má pro tento obor velký význam, neboť má zásadní vliv na vývoj interoperability ve webových technologiích vůbec. Mezi nejdůležitější subjekty, které se přímo standardizací v Geoinformatice zabývají, patří ISO (International Organization for Standardization), INSPIRE (The INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) a snad nejzásadnější vliv má OGC (Open Geospatial Consortium), viz. [38].

OGC je mezinárodní průmyslové neziskové konsorcium více než 300 obchodních společností, univerzit a vládních organizací, které společně usilují o interoperabilitu v oblasti Geografických informačních systémů a tzv. "Location Base" službách. OGC bylo založeno v roce 1994.

OGC vyvíjí specifikace aplikačních rozhraní a protokolů, které umožňují interoperabilitu v rámci aplikací, prostorových dat a služeb tzv. "geoprocessingu", tak jak je uvedeno v [2], v poznámce o *OGC Specification Program*.

Vznik OGC specifikací

Vznik OGC specifikací má jasně daný postup, daný směrnicí konsorcia. Předtím, než se řešený problém stane určitou OGC specifikací, projde širokou škálou fází vývoje, diskusí, praktickým testováním. Než vyjde dokument s oficiálním statutem OGC specifikace, předchází mu dokumenty s označením např. *discussion papers*, *recommendation papers*.

V praxi běžně používané OGC specifikace

Pro připomenutí si uvedeme několik běžně používaných OGC specifikací; jde převážně o specifikace webových mapových služeb a dále specifikace datových formátů, definicí stylů a definice základních grafických objektů, které se v GIS vyskytují. Všechny specifikace jsou k dispozici na domovských internetových stránkách OGC, viz. [38].

4.6.1.1 WMS

Snad nejběžněji využívanou specifikací OGC konsorcia je dnes již všudypřítomná specifikace WMS (Web Map Service) webové služby, poskytující mapy v rastrovém formátu.

Aby nedošlo k omylu; server se službou WMS neobsahuje pouze rastrová data, ale také vektorová data, často uložená v DBMS. Služba po požadavku klienta na mapový obsah vybere potřebná prostorová data a z těchto pak vygeneruje rastrový obraz a odešle jej.

Služba je určena pro zobrazování map. Specifikace definuje 3 typy dotazů:

GetCapabilities: vrací XML dokument popisující celou službu (seznam vrstev, informace o formátu mapy, podporovaných kartografických projekcích, způsob ošetření výjimek). Aplikace z tohoto dokumentu čtou informace pro další spolupráci se serverem.

GetMap: vrací mapu ve formě obrázku (GIF, PNG atd.).

GetFeatureInfo: vrací atributy prvku mapy na souřadnicích zadaných uživatelem (text, GML, HTML apod.)

Služba umožňuje s využitím tenkého klienta a např. kaskádových CSS stylů zobrazovat komplexní mapy překrýváním obrázků z různých mapových serverů (viz obrázek 1). Je možné též kaskádování serverů (viz obrázek 2).

4.6.1.2 WFS

Naproti tomu služba WFS (Web Feature Service) poskytuje i vektorová prostorová data v datovém formátu **GML** (Geographic Markup Language), který je další specifikací OGC. Umožňuje tedy na rozdíl od WMS editaci prostorových dat na straně klienta.

4.6.1.3 SLD

SLD (Style Layer Descriptor), jak již název napovídá, definuje možnosti volby stylů poskytovaných datových vrstev, které si uživatel podle potřeby nadefinuje. SLD rozšiřuje možnosti WMS.

4.6.1.4 SFS

SFS (Simple Features Specification) určuje způsob definice základních grafických objektů, které se v GIS vyskytují (bodů, linií, polygonů, povrchů atd.) a dále potom základní prostorové vazby mezi nimi (průsečík, překrytí, styk atd.). Existují tři implementační specifikace pro rozhraní OLE/COM, CORBA a dotazovací jazyk SQL.

Z geodetického pohledu jsou zajímavé specifikace, které se zabývají otázkou souřadnicových referenčních systémů a transformacemi souřadnic [45].

4.6.1.5 Spatial referencing by coordinates

Tato OGC specifikace zároveň supluje navrhovaný mezinárodní ISO standard 19111 Geographic information — Spatial referencing by coordinates. Definuje souřadnicové referenční systémy a operace mezi nimi. Tak jak je známo z geodézie, definuje např. referenční elipsoid, geodetické datum, geoid, geocentrické souřadnice, elipsoidické výšky, atd.

4.6.1.6 Coordinate Transformation Services

Implementační OGC specifikace definující aplikační rozhraní pro práci se souřadnicovými systémy a transformacemi mezi souřadnicovými systémy. Existují implementace pro Java třídy a

pro rozhraní CORBA a COM. Tato specifikace vlastně ukazuje programátorům, jakým způsobem vyvíjet software pro operace se souřadnicovými systémy. Existující kompletní implementace této specifikace je obsažena v javovské sadě tříd pro vývoj GIS aplikací GeoTools, viz. <http://www.geotools.org/>.

4.6.1.7 Web Coordinate Transformation Service (WCTS)

Jde o návrh implementační specifikace (zatím tzv. *discussion paper*) pro webovou službu, která poskytuje transformace mezi souřadnicovými systémy. Dle základní architektury webových služeb OGC konsorcia (OWS), viz. dále, poskytuje služba jednak základní popis nabídky svých možností, jako např. podporované souřadnicové systémy, podporované operace mezi zvolenými souřadnicovými systémy a také umožňuje provést zvolenou transformaci. To vše přes dotazy GetCapabilities, IsTransformable, Transform.

Implementaci WCTS vyvíjí např. známý Open Source vývojář Frank Warmerdam, viz. [48]. Další implementaci WCTS lze nalézt například na adrese <http://geobrain.laits.gmu.edu/cgi-bin/WCTS/wcts> [45].

OpenGIS Web Services (OWS) architektura

Ve výše uvedených sekcích byly vypsány některé OGC specifikace webových služeb, které se již běžně v praxi využívají nebo jsou ve fázi testování a vývoje. Mohli bychom jistě připojit i další, například *WCS* (Web Coverage Service) služba se již také běžně využívá. Pro ilustraci uveďme ještě *WTS* (Web Terrain Service), *Web3D* (Web 3D Service), *WRS* (Web Registry Server).

Specifikací webových služeb stále přibývá a je vhodné, aby měly nějaký společný definiční rámec. Proto existuje specifikace OpenGIS Web Services Common Specification (OWS), která tento obecný rámec pro webové specifikace definuje. Specifikuje několik aspektů společných pro implementace webových služeb. Jde o rámec určitých daných parametrů a obsahu klientských požadavků (např. GetCapabilities) a datových struktur, které služba vrací (requests and responses). Nad tento společný rámec definuje implementace konkrétní služby své vlastní parametry a strukturu dat. Pro ilustraci uveďme požadavek, který vrací souhrnný popis dané služby. Jde o známý dotaz *GetCapabilities*, který lze nalézt v implementacích služeb WMS, WFS, WCS, WPS, WCTS a dalších.

Web Processing Service (WPS)

Specifikace webové služby poskytuje přes webové rozhraní přístup k širší škále GIS operací. Rozšiřuje možnosti od pouhého poskytování a prezentaci prostorových dat, k možnostem jejich zpracování a provádění různých výpočetních úkonů. Služba je zaměřena na zpracovávání rastrových a vektorových prostorových dat.

WPS nespecifikuje konkrétní úlohu a konkrétní požadovaná vstupní a výstupní data, ale poskytuje obecný mechanismus k popisu široké škály různých výpočetních úkonů, obecný mechanismus pro popis potřebných vstupních a výstupních dat požadovaných klientem služby.

V souladu s architekturou OWS, operuje klient s prostředky služby prostřednictvím následujících tří operací.

4.6.1.8 GetCapabilities

Tato operace vrací popis (v XML dokumentu) služby, výčet dostupných výpočetních procesů a jejich verzí. Dotaz tohoto požadavku vypadá následovně:
<http://server.foo/foo?SERVICE=WPS&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=0.2.1>

4.6.1.9 DescribeProcess

Na tento požadavek vrací server detailní popis jednoho či více dostupných procesů, spolu s popisem vstupních a výstupních dat. Pro ilustraci opět úplný zápis dotazu:
<http://server.foo/foo?SERVICE=WPS&REQUEST=DescribeProcess&VERSION=0.2.1&ProcessName=xxx>

4.6.1.10 Execute

Execute spustí požadovaný proces (výpočetní úkon) a vrátí požadovaná výstupní data.

Chaining web services

Dalším krokem kupředu je možnost řetězení webových služeb, tzv. "Chaining web services". Snahou je založit webové služby na společných specifikacích a standardech a tak umožnit jejich spojování na úrovni server - server, a dále jejich kaskádování a různé kombinování. Úroveň tohoto spojování klade velký důraz na precizní popis jednotlivých služeb. Do hry přichází jazyky a rozhraní pro popis webových služeb jako je WSDL (*Web Service Description Language*) [47], UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*) [46]. Hovoří se o ontologii a o semantickém webu vůbec. V případě OGC uveďme příklad navrhované specifikace ve stádiu tzv. *discussion paper*, a to *OWS 2 - Common Architecture: WSDL SOAP UDDI* [45].

4.6.2 Hlavní výhody praktického využití služeb WMS

Hlavní výhody praktického využití webových mapových služeb WMS vyplývají již ze samotné podstaty věci, tj. z on-line poskytování mapových dat:

- uživatel nemusí mít potřebná mapová data na svém počítači, v případě komerčního přístupu lze uplatnit jiné modely, např. zpoplatnění za využívání dat mikroplatbami,
- údržba dat jen na jednom místě, nejlépe na místě jejich vzniku, což v důsledku znamená, že každá organizace udržuje jen ta data, jež má ve své gesci, k ostatním má přístup pomocí webových služeb jako kdokoliv jiný,
- v případě WMS se uživatel dostane pouze k výslednému obrázku sestavenému z dat, což může snižovat riziko zneužití a nedovoleného šíření originálních dat,
- obvykle postačí jednoduchá aplikace na straně uživatele pro přístup a využití dat (tenký klient, například webový prohlížeč),
- uživatel využívá jen ty služby a ta data, která opravdu potřebuje,

- uživatel se pomocí katalogů rychle dostane k datům, která potřebuje,
- uživatel není závislý na žádné softwarové platformě, obvykle ani nepozná na jakém software daný server, jehož služby využívá, běží,

WMS umožňují plnou interoperabilitu – propojení aplikací různých výrobců. Jednotlivé mapové servery mohou být založeny na technologiích různých firem, ale díky standardizovanému rozhraní spolu mohou komunikovat.

Zhodnocení architektury služeb OGC

Přechod z prostředí desktopových produktů k distribuovaným GIS systémům využívajících webových služeb jde ruku v ruce s rychlým vývojem webových technologií. Nutností je zachování interoperability, postavené na definování specifikací a standardů a jejich používání. Hlavním subjektem, který se zabývá specifikacemi v oblasti GIS, je konsorcium Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). Základní architekturu specifikací OGC webových služeb tvoří OpenGIS Web Services Common Specification (OWS), která vytváří společný obecný rámec pro webové služby. Vyvíjí se specifikace služeb WPS (Web Processing Service), které dále rozšíří možnosti využití funkčnosti GIS v prostředí webu. Do fáze testování vchází technologie řetězení webových GIS služeb. Model distribuovaných GIS, založený na možnosti různých kombinací webových služeb, umožní uživatelům flexibilně vytvářet vlastní GIS řešení. Tento model je založen na nejnovějších a rapidně se vyvíjejících webových technologiích.

4.7 Nahraditelnost komponent a služeb

Webové služby zpřístupněné v prostředí Internetu/intranetu striktně popisují své rozhraní prostřednictvím jazyka WSDL. Tím umožňují realizovat jeden ze základních principů objektové orientace, kterým je zapouzdření. Rozhraní jasně definuje vstupy nezbytné pro danou službu včetně jejích datových typů. Klient je tímto způsobem účinně odstíněn od znalosti veškeré nezbytné funkcionality na pozadí. Při zachování definovaného rozhraní je možné:

- Provádět opravy (upgrade) komponent, algoritmů či celých aplikací poskytujících požadovanou funkcionality.
- Zasahovat do využívaných dat a provádět jejich aktualizace, přecalibrování existujících modelů či dokonce měnit/aktualizovat celé datové struktury.
- Kompletně nahrazovat komponenty a softwarové produkty využívané v rámci služby, kdy může jít také o celé programové balíky či modelovací systémy využívané pro danou úlohu.

5 NÁVRH ARCHITEKTURY DISTRIBUOVANÉHO HIS

5.1 Distribuovaná architektura v HIS

Návrh a implementace hydrologického či hydrogeologického informačního systému předpokládá nasazení celé řady specifických programových služeb a komponent. Službou je zde myšlena zapouzdřená, zdokumentovaná funkcionalita poskytovaná v prostředí sítě intranet/Internet. Komponentou je pak zaměnitelný programový produkt, jenž vykonává úlohy z požadované domény. Komponenty využitě při poskytování dané služby je tedy možné zaměňovat, aniž by v kontextu celého systému muselo dojít k jiným modifikacím.

5.1.1 Komponenty využívané v rámci služeb HIS

Do skupiny základních komponent využívaných v oblasti hydrologických informačních systémů patří:

- Modelovací systémy
- Databázové systémy
- Prostorové datové struktury
- Mapové servery
- Nástroje pro zpracování a manipulaci s prostorovými daty
- Analytické nástroje
- Transformační a vstupně-výstupní komponenty

5.1.1.1 Modelovací systémy

Hydrologický model slouží k abstrakci hydrologických systémů, které nacházejí uplatnění jak při modelování vlastních srážko-odtokových událostí, předpovídání záplavových zón (inundace), sledování klimatických změn a jejich možných dopadů, environmentálním modelování (sledování eroze, erozních procesů, vliv pokryvu na změnu hydrologického režimu, výstavba vodohospodářských objektů – režim jejich provozu, jejich dopady atd.).

Například srážko-odtokové modely vyžadují na vstupu srážkoměrná data a společnou výstupní veličinou je v tomto případě průtok v daném místě říčního toku. Jedním z parametrů modelu však může být i informace o hydrogeologických poměrech, které se mohou v delších časových obdobích měnit. Tato informace může být získána z modelů hydrogeologických [24].

Hydrogeologické modely realizované např. v prostředí ModFlow 2005 umožňují modelovat celou řadu úloh (například změna výšky hladiny podzemní vody a jejího proudění při změně čerpání na vybraném vrtu, apod.). Každá z takových úloh vyžaduje jiné vstupní parametry a produkuje jiný typ výsledku.

Obecně platí, že hydrologické a hydrogeologické modely se mohou navzájem doplňovat. Hydrogeologický model může hydrologickému modelu poskytnout informaci o

hydrogeologických poměrech (především určení základního odtoku), hydrologický model může naopak poskytovat informace o srážko-odtokových poměrech na povrchu [24].

Ve většině případů je libovolný hydro-model založen na datech statických a datech, která jsou časově proměnná a která označíme jako data dynamická. Statickými daty mohou být např. výšková data, linie říčního koryta, profil říčního koryta, půdní pokryv, využití území nebo geologický podklad. Dynamickými daty jsou měřené a predikované srážky, teploty, průtoky, výšky hladin, sněhu a další. Statická data pak bývají součástí modelu (resp. tzv. projektu) a data dynamická musí být v modelu obměňována za aktuální hodnoty dané vstupní veličiny.

5.1.1.2 Databázové systémy

Při zcela zjednodušeném pohledu slouží databázové systémy pro uložení, správu, řízení přístupu a zabezpečení dat jak trvalého tak dočasného charakteru [29]. V prostředí hydrologických informačních systémů pak databáze hrají roli nejen úložiště běžných tabulkových dat, evidencí, měření a jiných. Mimo tyto zajišťují také perzistenci dat přímo spojených s provozem modelovacích systémů (schématické povodí, konfigurace, parametry atd.) či hydrologického informačního systému jako celku (vazby subjektů, organizační struktury atd.).

Klasické datové modely v databázových systémech nejsou schopny efektivně spravovat komplikovanější datové struktury. Ty jsou typické právě pro geograficky orientované systémy, mezi něž navrhovaný systém bezesporu patří. Skutečnost, že navrhovaný systém pracuje především s vícerozměrnými prostorovými daty (nejistota, čas, přesnost atd.), vedla k využití multidimenzionálních datových struktur [30].

Ruku v ruce s rozvojem a masovým rozšířením objektově orientovaných technologií a přístupů ve vývoji informačních systémů pak šel také vývoj objektově orientovaných systémů řízení bází dat. Jejich koncept přímo navazuje na principy multidimenzionálních datových struktur, a umožňuje perzistenci objektů. Skutečnost, že relační datový model bezpečně drží první příčky v celosvětové rozšířenosti, dal vzniku přístupu s názvem objektově-relační mapování. Jedná se o variantu, která zajišťuje perzistenci objektů systému v prostředí relační databáze. Toho je dosaženo prostřednictvím abstraktní vrstvy nad relačním datovým modelem zajišťující ukládání, správu a výběr objektů do a z relačního datového modelu.

V kontextu distribuovaného informačního systému vystupuje systém řízení báze dat jako hlavní komponenta datových služeb. V případě hydrologického či hydrogeologického informačního systému zajišťuje správu systémových, aplikačních a prostorových dat.

Systémová data reprezentují popis relací, pravidel, zdrojů dat, informací a úloh v systému prováděných. Konkrétní implementace úloh v rámci distribuovaného systému pak často předpokládají využití a správu vlastních aplikačních dat. Tato jsou přímo vztažena ke konkrétnímu případu užití.

5.1.1.3 Prostorové datové struktury

Jedná se o datové struktury umožňující efektivní správu prostorových dat v prostředí databáze. Neomezují se však na jednoduché uložení a výběr na požádání. Prostorové datové

struktury rozšiřují běžné datové modely ve dvou hlavních směrech. Těmi jsou správa dat a dotazování se na data.

Mimo běžných úloh datových modelů (integrita, omezení, přístup atd.) zajišťují prostorové datové struktury řešení úloh přímo vyplývajících z charakteru prostorových dat. Sem patří zejména budování topologií nad vektorovými daty (nad takto připravenou topologií je možné korektně provádět síťové analýzy) a efektivní správa rastrových dat (přístup a práce s těmito daty je pak výrazně rychlejší). Dalším významným přínosem této formy správy prostorových dat je podpora interoperability.

Data spravovaná v prostorové databázi je možné exportovat v libovolné podobě (kartografická projekce, prostorový rozsah, přesnost atd.) a libovolném formátu (ESRI Shapefile, GML, MapInfo, GeoTiff, ArcInfo Grid atd.) v závislosti na konkrétní potřebě.

Klíčovým prvkem prostorových datových struktur je bezesporu možnost prostorového dotazování nad spravovanými daty. Není to však pouze výběr dat splňujících zadanou prostorovou podmínku (např. vzdálenost od určitého bodu, překryv se zadaným geoprvkem, apod.). Tímto způsobem je možné připravovat také pokročilé prostorové analýzy dat nad zvolenou množinou datových vrstev.

5.1.1.4 Mapové servery

Mapový server je obecně pokročilou serverovou aplikací poskytující relativně jednoduchou úlohu a tou je generování jednotlivých komponent mapové kompozice (měřítko, mapové pole, legenda atd.) v závislosti na přijatém požadavku klienta. Výstupy je pak schopen poskytovat v nejrůznějších rastrových či vektorových formátech jako např. SVG, Flash, GIF, PNG, JPG atd. Tyto výstupy jsou pak používány v nejrůznějších mapových aplikacích.

Vstupní data je mapový server schopen číst z celé řady vektorových a rastrových formátů, služeb WMS, WFS, WCS či prostorových databází, jakými mohou být například PostGIS, ArcSDE, Oracle Spatial, apod.

Mapový server současně poskytuje funkce spojené s transformacemi souřadnicových systémů a poskytování služeb dle specifikací OGC (WMS, WFS, WCS).

5.1.2 Domény služeb

Služby provozované na základě takovýchto komponent je možné začlenit do následujících kategorií:

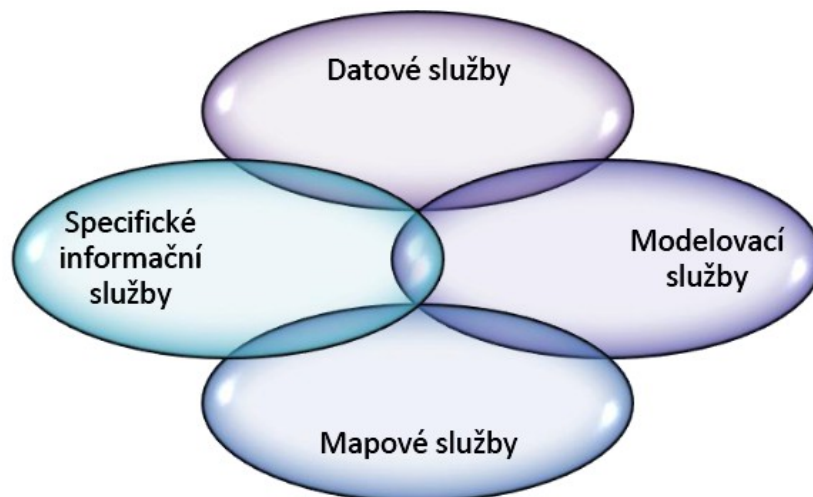
5.1.2.1 Datové služby

Do kategorie datových služeb spadají zejména webové služby, jejichž primárním cílem je poskytovat klientům (aplikacím či systémům) řízený přístup k datům prostřednictvím standardizovaného protokolu a strojově zpracovatelného rozhraní. Služby tohoto typu zapouzdřují ve většině případů databázové systémy, které data poskytovaná službou spravují. Databázový systém na pozadí datové služby však může zároveň hrát roli úložiště tzv. systémových (provozních) dat služby samotné. Zajišťuje evidenci přístupů jednotlivých klientů,

historii jejich požadavků či komplexní platební systémy provozované v rámci komerčních řešení datových služeb.

5.1.2.2 Mapové služby

Mapové služby tvoří technologickou výjimku, kdy funkcionality není vystavena v podobě webové služby nýbrž ve formě standardizovaného rozhraní pro přístup k prostorovým datům. Toto rozhraní je definováno specifikacemi konsorcia OGC (Open Geospatial Consortium). Služby jsou pak obecně nazývány OGC Web Services (OWS). Více o OGC viz kapitola 4.6.1. Open Geospatial Consortium, Inc.



Obrázek 18 Domény služeb

5.1.2.3 Specifické informační služby

Specifické informační služby poskytují v rámci systému relevantní doplňkové údaje. V případě hydrologicky orientovaných systémů může jít o informace jako například:

- evidence materiálních zdrojů v povodí,
- schematizace a vazby organizačního kontextu povodí,
- meteorologické předpovědi,
- evidence kompetencí,
- prostorové vymezení a dokumentace zdrojů ohrožení,
- zdroje potenciálních událostí ohrožujících osoby, majetek a životní prostředí v povodí, včetně projevů těchto událostí,
- parametrické a prostorové vymezení možných dopadů mimořádné události,
- informace o vazbách a odpovědnostech jednotlivých organizačních složek a subjektů k definovaným scénářům.

Typy nasazovaných informačních služeb se samozřejmě liší v závislosti na konkrétní aplikaci či řešení. Výše uvedený seznam představuje jen výběr několika možných specifických informačních služeb.

5.1.2.4 Modelovací služby

Modelovací službou je nazývána webová služba dostupná v prostředí Internetu/intranetu zpřístupňující vybrané funkce modelovacího systému. Jelikož modelovací systém samotný není dnes běžně schopen webové služby publikovat, je třeba kolem něj vytvořit takzvanou obálku (wrapper). Ta implementuje sekvence operací nezbytné pro vykonání dané modelovací úlohy. Na jedné straně tuto funkcionalitu publikuje prostřednictvím rozhraní webových služeb a na druhé straně komunikuje se samotným modelovacím systémem, poskytuje mu data a informace nezbytné k správnému řešení a zpět přebírá výsledky modelování. A právě tato část je v současnosti jedním z kritických bodů tvorby modelovacích služeb.

Modelování hydro-procesů v navrhovaném integrovaném systému je založeno na využívání dostupných nebo jinak připravených webových služeb poskytujících požadovanou funkcionalitu. V rámci tohoto systému lze dále rozdělit uvažované modelovací webové služby do těchto skupin:

- WS pro modelování proudění podzemních vod,
- WS pro modelování transportu kontaminantů v podzemních vodách,
- WS pro modelování srážko-odtokových procesů,
- WS pro modelování hydraulických poměrů v říčním korytu,
- WS pro modelování infiltrace srážek nenasycenou zónou.

Každá služba se stává součástí systému, kterou je možné nahradit jinou, pracující např. nad jiným modelovacím systémem, avšak poskytující stejnou funkcionalitu (viz kapitola 4.7 Nahraditelnost komponent a služeb).

Například pro výpočet průtoku v daném profilu řeky existuje celá řada modelovacích systémů, které jsou nasazovány v závislosti na vhodnosti pro řešení dané úlohy. Každý z nich může vyžadovat vstupní data a produkovat výstupní data v jiném formátu a jiného typu. Předpokladem pro záměnu jedné služby (komponenty) za službu jinou však je, že obě služby budou vyžadovat stejná vstupní data ve stejném formátu a budou produkovat stejné výstupy. Wrapper nad modelovacím systémem proto musí provést transformaci dat do vhodného formátu.

Schopnost modelovací služby komunikovat se svým okolím standardizovanou formou je základní podmínkou úspěšného nasazení služby v otevřeném distribuovaném systému. Podpora interoperability, jak je tento aspekt nazýván, je nezbytným krokem při budování rozsáhlých, dlouhodobě udržitelných systémů. V případě modelovacích služeb je proto nezbytné implementovat specializované nástroje, jelikož stávající modelovací systémy ve valné většině případů využívají nativní výměnné formáty. Mezi takové nástroje pak patří například nejrůznější knihovny či systémy umožňující transformace dat:

- GDAL/OGR – knihovny pro manipulaci s prostorovými daty,
- GRASS – transformace rastrových a vektorových formátů,
- PROJ4 – transformace souřadnicových systémů.

5.2 Distribuce zodpovědnosti

Navrhovaná koncepce integrovaného hydrologického informačního systému pro své nasazení předpokládá relativně rozsáhlý organizační kontext. Jednotlivé služby samy o sobě (zejména v oblasti modelování environmentálních jevů) často představují komplikované systémy, které pro svůj provoz a poskytování kvalitních, důvěryhodných informací předpokládají kvalifikovanou kalibraci a správu.

Zodpovědnosti spojené se správným fungováním každé služby systému proto musejí být jasně definovány a garantovány specifikovanými subjekty. Dochází tak k distribuci zodpovědnosti, což je jeden z pozitivních aspektů servisně orientovaného přístupu. Zodpovědnost jednotlivých zainteresovaných organizací a subjektů je totiž možné jednoduše ohraničit garancí provozu služby či komponenty.

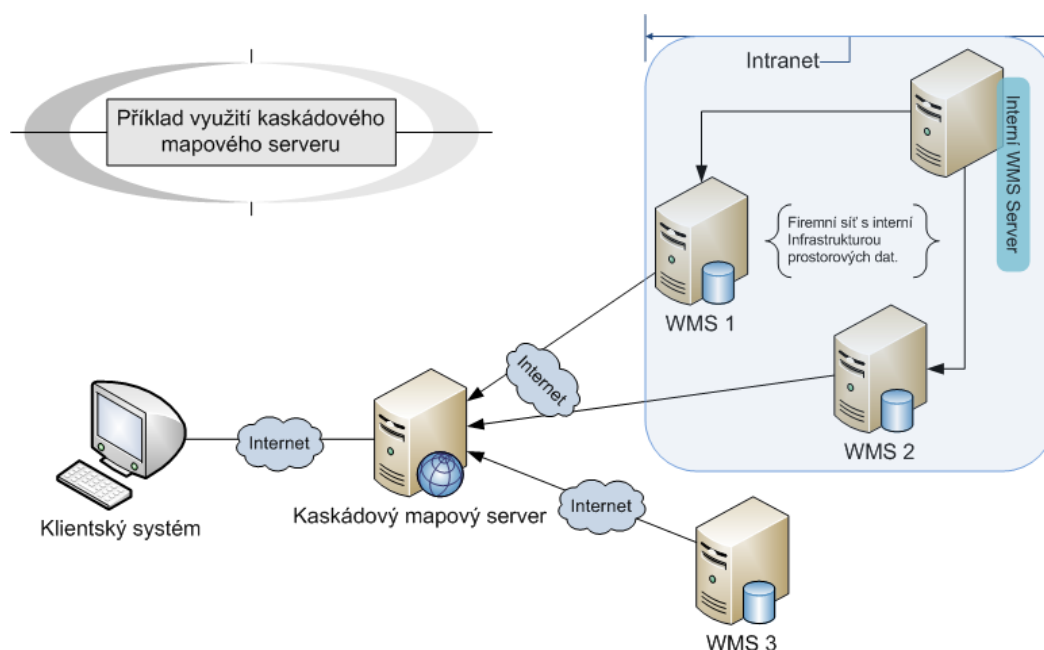
5.3 Distribuovaný přístup v GIS a modelování

V rámci geografických informačních systémů je dnes možné najít aspekt distribuovanosti zejména v oblasti publikování prostorových dat a správy metadat. Distribuované modelování pak svým rozsahem pokrývá specifikace OMI.

5.3.1 Kaskádové mapové servery

Kaskádové mapové servery umožňují sdružovat a publikovat nejrůznější zdroje prostorových dat. Tato data pak mohou být využita v rámci klientských systémů/aplikací nebo dalších kaskádových serverů.

Kaskádové mapové servery mimo samotné publikování zajišťují celou řadu nezbytných operací. K nim patří transformace mezi souřadnicovými systémy, podpora grafických formátů (jako například PNG, GIF, JPEG atd.), kešování a další. Dále může definovat nové kartografické symboly a styly pro data ze vzdálených serverů a poskytovat tak mapové výstupy pro specifickou skupinu uživatelů. V neposlední řadě pak může několik úrovní kaskádových serverů reprezentovat různé bezpečnostní úrovně (například pro intranet, Internet či jejich dané segmenty) a přístupy pro odpovídající skupiny uživatelů (s autentizací dle různých databází, anonymní přístup, a jiné).



Obrázek 19 Příklad využití kaskádového mapového serveru

Schéma (viz Obrázek 19 Příklad využití kaskádového mapového serveru) reprezentuje dva z nejčastějších scénářů využití. Prvním je varianta kdy „Kaskádový mapový server“ sdružuje a dále publikuje data ze třech různých mapových serverů - WMS 1, WMS 2, WMS 3.

První dva přitom zároveň hrají roli kaskádových mapových serverů intranetového řešení, jejichž smyslem může být například poskytnout vnějšímu světu pouze vybrané datové sady ve dvou různých lokalizacích (jazykových variantách). Vícejazyčnost je mimochodem jedním z dalších možných scénářů využití kaskádových mapových serverů.

Druhým scénářem je pak využití kaskádového serveru pouze jako interního zdroje pro veřejně dostupné služby. Vhodným nastavením je pak možné docílit mnohem optimálnějšího provozu z hlediska zatížení, než při použití řešení s jedním serverem.

5.3.2 Metadata a katalogové služby

Informace se staly jedním z nejdůležitějších artiklů současnosti. Hrají klíčovou roli v rozhodovacím procesu. Jejich nedostatek zvyšuje riziko špatného rozhodnutí. Dalo by se předpokládat, že pro snížení tohoto rizika postačí pouze získat větší množství informací. Jenže ani větší množství informací nám nedává záruku toho, že rozhodneme správně. Nezřídka se stává, že velké množství informací vede k informačnímu zahlcení. Ukazuje se, že kvalita informací je mnohem důležitější, než jejich množství.[33]

5.3.2.1 Metadata

Pojem metadata je možné definovat různými způsoby. Zjednodušující, avšak běžně používaná definice definuje metadata jako (strukturovaná) data o datech. Metadata lze považovat za celkový souhrn údajů, které je možné přiřadit abstraktnímu, nebo reálnému objektu. Obecně je možné pomocí metadat popsat libovolný objekt, proces nebo jev, nemusí se tedy nutně jednat jen

o data. Je zřejmé, že metadata nacházejí uplatnění v celé řadě oborů a lidských činností (knihovnictví, zábavný průmysl, Internet). Výjimkou není ani oblast geoinformatiky [35].

Na metadata je kladena celá řada požadavků [36], [35]. Mimo jiné by proto metadata měla:

- vyjadřovat co nejaktuálnější stav popisovaného objektu,
- napomoci k pochopení funkce a obsahu popisovaného objektu,
- být přesná a konzistentní,
- tvořit nedílný logický celek s popisovaným objektem,
- napomáhat při vyhledávání objektů dle různých parametrů,
- usnadnit porovnávání popisovaných objektů,
- být zapsána formalizovaným způsobem vhodným pro komunikaci, interpretaci a zpracování,
- usnadnit efektivní sdílení a výměnu informací o popisovaném objektu.

Ve výsledku by měla být kvalitní metadata jedním z hlavních podkladů, při rozhodování o využití popisovaného zdroje [36], [35].

5.3.2.2 Katalogové služby

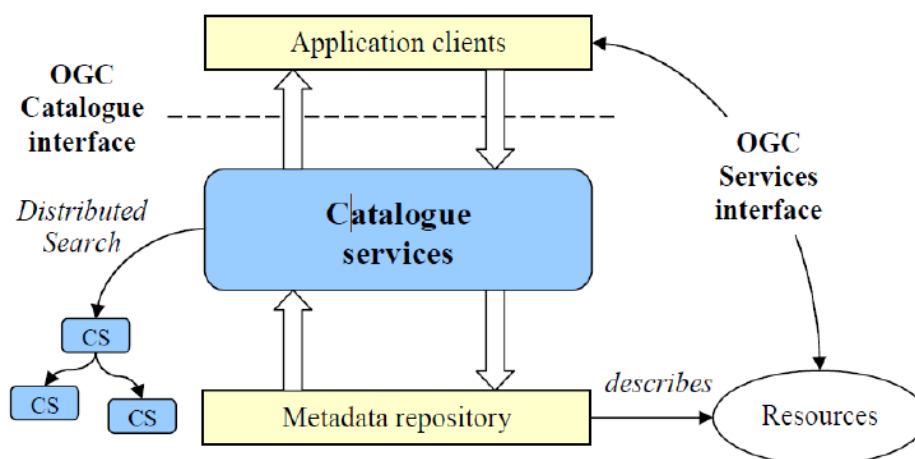
Katalogové služby zabezpečují vyhledávání a poskytování informací o zdrojích, uložených v katalogu. Poskytují podporu pro publikování a správu popisných informací. Katalogové služby umožňují, v neposlední řadě, sběr informací uložených v jiných katalozích. Zpřístupňují metadata jak pro ruční, tak pro programové zpracování [37].

Katalogové služby, jsou z pohledu OGC, klíčovou technologií uzpůsobenou pro sdílení, vyhledávání, publikování a spravování popisných informací (metadat), prostřednictvím distribuované sítě [38], [34].

Katalogové služby zprostředkovávají vztah mezi klienty (Application clients) a lokálním úložištěm metadat – katalogem (Metadata Repository). Nepřímo zprostředkovávají také vztah mezi informačními zdroji (Resources) a klienty. Díky distribuovanému vyhledávání (Distributed Search) dokáží zprostředkovat také vztah mezi klienty a vzdálenými úložišti metadat. Klienti zasílají své požadavky skrze rozhraní OGC Catalog interface. Toto rozhraní je popsáno prostřednictvím abstraktního modelu [34].

5.3.2.3 Abstraktní model rozhraní katalogových služeb

Základní abstraktní model rozhraní OGC Catalog interface [34] je definován prostřednictvím objektu CatalogServices, který je složen z těchto několika tříd (viz Obrázek 20 Schéma základní architektury katalogových služeb [33]).



Obrázek 20 Schéma základní architektury katalogových služeb [33]

Specifikace katalogových služeb popisuje tři instance objektu CatalogServices. Každá z těchto instancí je postavena na jiném komunikačním protokolu [34]:

- Z39.50,
- CORBA/IIOP,
- HTTP.

Instance CatalogServices postavena na komunikačním protokolu HTTP [39], je také nazývána Catalogue Services for Web (dále jen CSW).

5.3.2.4 Katalogové služby pro web (CSW)

CSW jsou instancí abstraktního modelu katalogových služeb, která využívá pro realizaci interakce mezi klientem a serverem komunikační protokol HTTP [39]. CSW vychází ze specifikace OWS.

Klienty katalogových služeb je možné rozdělit do dvou skupin:

- Konzumenti metadat (Metadata Consumer),
- Producenti metadat (Metadata Producer).

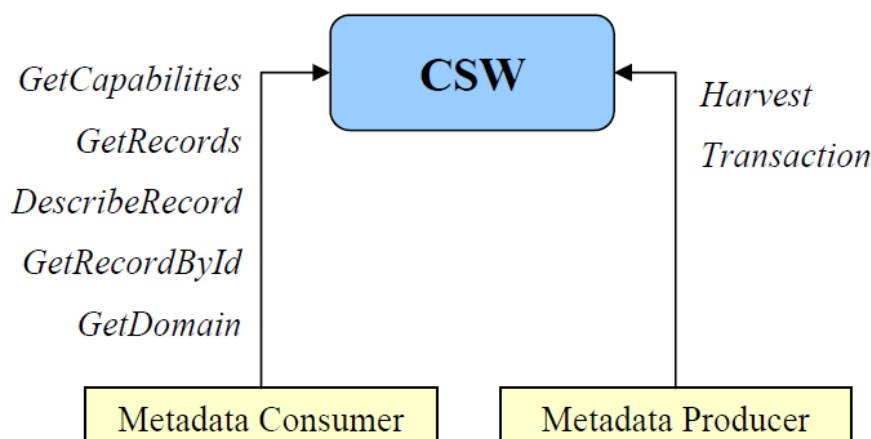
CSW nabízí těmto klientům celkem sedm operací, tyto operace jsou volány stejným způsobem jako v případě OWS. Všem operacím (kromě GetCapabilities) je nutné předávat tyto povinné parametry [34]:

- request – uchovává jméno operace (GetDomain, GetRecords a podobně),
- service – uchovává jednoznačný identifikátor požadované služby,
- version – uchovává verzi požadované služby.

5.3.3 Distribuované modelování

Modelovací systémy používané v současné době ve valné většině případů nedisponují nástroji pro pokročilejší interní skriptování. Řešené úlohy tedy není možné jednoduše automatizovat a výstupy následně automaticky publikovat či poskytovat k dalšímu zpracování. Už vůbec není obvyklé, aby takovéto modelovací systémy implementovaly komunikační rozhraní, jehož prostřednictvím by zpřístupňovaly svoji funkcionalitu.

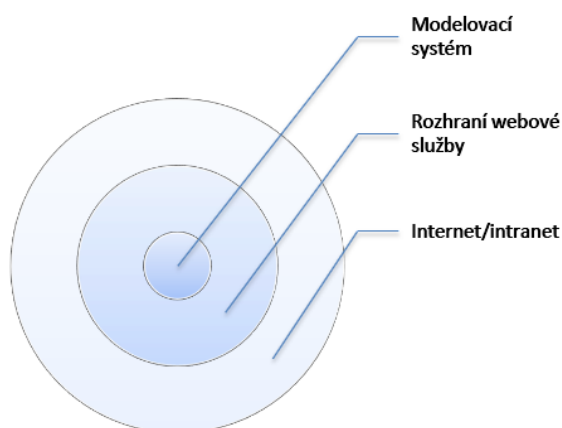
Vyřešit tento zjevný nedostatek si za cíl stanovil projekt HarmontIT. Projekt se zaměřil na návrh rozhraní (včetně prostředí usnadňujícího jeho implementaci), které by umožňovalo numerickým modelům v prostředí různých programových produktů vzájemně komunikovat standardizovaným způsobem. Rozhraní bylo navrženo (a je dále vyvíjeno) na základě intenzivní analýzy požadavků různých skupin potenciálních uživatelů a širokého spektra již existujících modelovacích systémů, databázových systémů, zpracovatelských postupů a obecně dalších programových produktů, které hrají roli v komplexních řešeních nejen z oblasti modelování environmentálních jevů [21].



Obrázek 21 Koncepční schéma CSW [33]

Rozhraní navržené na základě takové analýzy dnes pokrývá v podstatě všechny potřeby tvůrců informačních systémů využívajících modelovaných informací v širším kontextu. Na samotném návrhu se pak podíleli nejen vývojáři z oblasti informačních technologií, ale také odborníci připravující reálné hydrologické modely [21].

K začlenění modelovacího systému jako unikátní služby integrovaného hydrologického systému založeného na servisně orientované architektuře je třeba právě takového jednotného rozhraní. Komunikace s/mezi modely pak probíhá jeho prostřednictvím.



Obrázek 22 Zapouzdření modelovacího systému vůči okolnímu prostředí

Servisně orientovaná architektura a využití webových služeb přináší do světa distribuovaného modelování jinde dnes běžnou, pro modelovací systémy však velmi zajímavou, nezávislost na platformě či programovacím jazyce. Tato skutečnost umožňuje nasadit při řešení

každého procesu (úlohy) vždy skutečně to nejvhodnější řešení a vyhnout se nevhodným implementačním kompromisům z důvodu nekompatibility programových komponent. Ideální implementace využívá webové služby, které jsou nasazeny při budování jednotlivých rozhraní a protokol SOAP/XML jako výměnný formát. Webové služby zapouzdřují modelovací (a jiné) systémy či jejich části a navenek vystavují jednotné komunikační rozhraní. Tento přístup umožňuje propojení zdánlivě neslučitelných modelovacích systémů a platforem.

5.4 Návrh procesních a legislativních úprav

Vzhledem k zaměření této práce není návrh legislativních úprav prioritou, nicméně klíčové a nezbytné úpravy budou v rámci této kapitoly alespoň obecně zmíněny. Jejich komplexní analýza a detailní návrh je již mimo rámec této práce. Podstatným bodem je zde návrh procesních úprav fungování a spolupráce subjektů působících v oblasti operativní hydrologie v rámci České republiky.

Je nezbytné zmínit také otázku úpravy financování dotčených organizací v kontextu navrhovaných změn. V mnoha případech, kdy dochází k podobným úpravám, je tato otázka zcela opomenuta. Aktuálním příkladem může být transformace Zemědělské a vodohospodářské správy (ZVHS), ke které došlo k 1. 1. 2011. V rámci ní byla převedena odpovědnost za provoz a správu rozsáhlé části měřicí sítě drobných toků ZVHS na podniky povodí, nicméně způsob pokrytí navýšení provozních nákladů měřicí sítě již definován nebyl.

5.4.1 Převod správy povodí pod MŽP

Jak vyplývá z provedené kritické analýzy (viz kapitola 3.2 Analýza procesních vztahů operativní hydrologie), nejsou podniky povodí s ČHMÚ spjaty pouze profesně ale i technologicky. Z analýzy jasně vyplývá, že se tyto podniky značně překrývají svými odpovědnostmi, strukturou či územní působností. Proto je přearování podniků správy povodí (dříve akciových společností) z resortu Ministerstva životního prostředí do resortu Ministerstva zemědělství více než diskutabilní otázkou.

5.4.2 Reorganizace odpovědnosti za provoz technologií

Jedním z nejzjevnějších překrytí odpovědností je bezpochyby paralelní provoz měřicích sítí v povodí spravovaných toků. Jak již bylo zmíněno, ze zákona padá odpovědnost za sběr informací o stavech a průtocích toků na ČHMÚ, který je současně odpovědný za vydávání hydrologických předpovědí.

Smyslem této reorganizace je převedení veškeré technologie zajišťující sběr, zpracování, archivaci a distribuci pod jednu organizaci, kterou by byl ČHMÚ. Tento ústav by převzal odpovědnost jak za provozování měřicí sítě, tak za distribuci měřených dat dalším organizacím působícím v oblasti operativní hydrologie. Vzhledem ke skutečnosti, že distribuce aktuálních dat v reálném čase je klíčovou pro výkon celé řady zákonem stanovených povinností na straně státních podniků správy povodí, je nezbytné, aby tato distribuce byla ze strany ČHMÚ garantovanou službou, jejíž přesné parametry by stanovoval zákon či odpovídající vyhláška.

Reorganizace zmíněných odpovědností za provoz technologií měřicí sítě je zcela nezbytným krokem na cestě ke sjednocení měřicí sítě v rámci ČR na národní úrovni. Současně umožní dosáhnout významných úspor na úrovni provozních nákladů díky výhodnějším smlouvám s dodavateli jak komunikačních služeb, tak HW a SW technologií. Současně se sníží rozsah serverových technologií, které jsou v současnosti nezbytné k zajištění provozu izolovaných měřicích sítí.

5.5 Návrh technických opatření

5.5.1 Vybudování společné hydrologické komunikační sítě

Úspěšné vybudování společné hydrologické komunikační sítě, která bude dále pro potřeby této práce nazývána HYDRO-NETWORK, je základním předpokladem nasazení koncepce této práce. Cílem jejího zprovoznění, je odbourání komunikační izolace jednotlivých organizací působících na poli operativní hydrologie ať už v roli producentů či konzumentů dat. Správa této sítě, vzhledem k povinnosti poskytovat garance distribuce hydrologických dat, spadá na ČHMÚ.

Vybudování takovéto sítě je však nákladný krok a další náklady budou spojené s jejím provozem. Proto je třeba v první fázi návrhu sítě jasně definovat způsoby financování, nejenom co se budování, ale i provozu týče. Dobrým předpokladem pro úspěšné zvládnutí tohoto kroku je předchozí dokončení reorganizace dle kapitoly 5.4.1 Převod správy povodí pod MŽP.

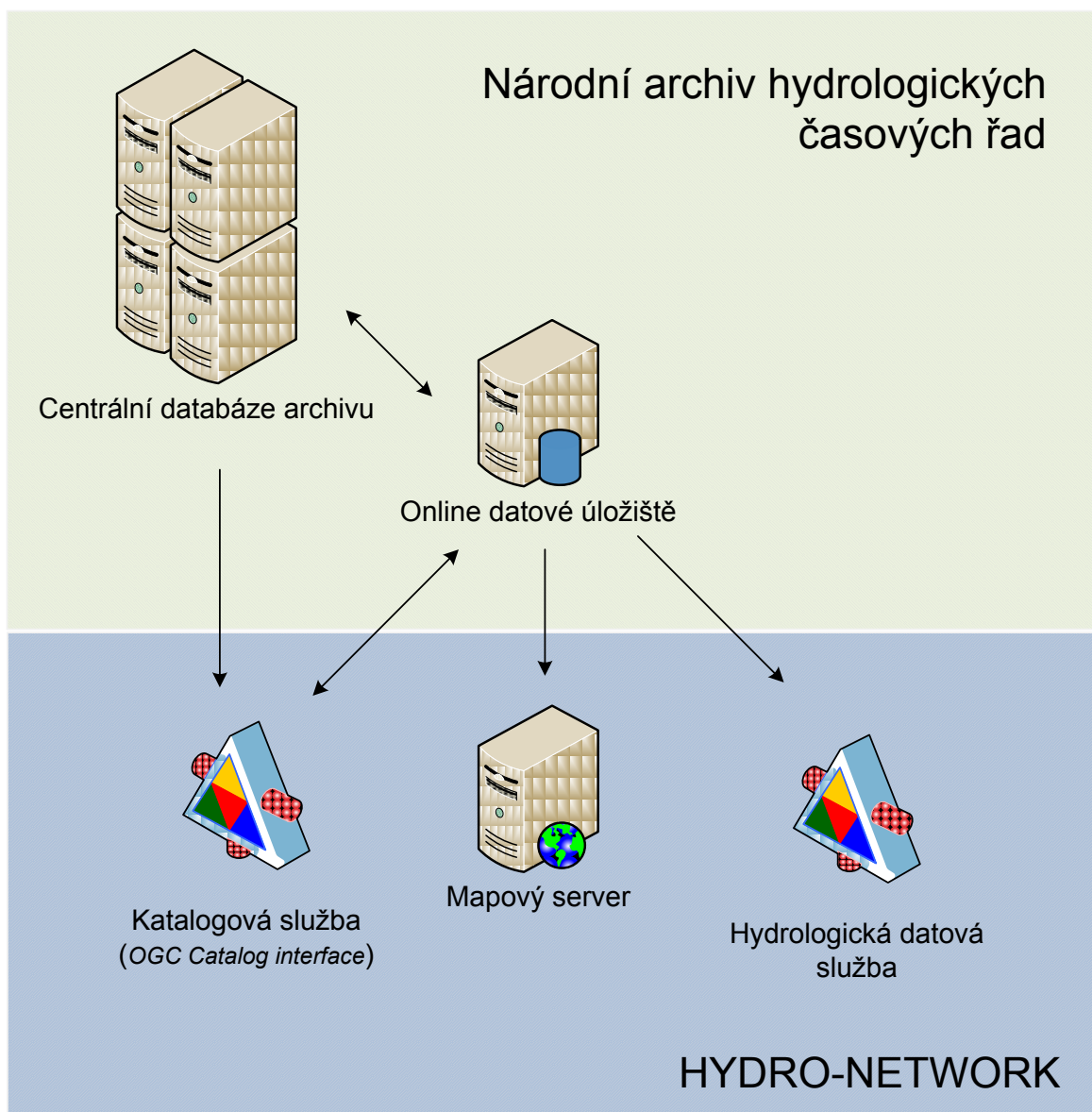
Budovaná síť HYDRO-NETWORK by měla stavět na koncepci Wide Area Network (WAN), což je počítačová síť, která pokrývá rozlehlé geografické území (například síť, která překračuje hranice města, regionu nebo státu). Síť by pak zajišťovala spojení lokálních sítí (LAN) nebo dalších typů sítí jednotlivých organizací, takže systémy a služby z jedné sítě mohou komunikovat se službami a počítači na síti jiných organizací. Sítě WAN jsou dnes běžně budovány pro jednotlivé společnosti a jsou soukromé. Běžně jsou však tyto sítě budovány na pronajatých linkách (leased lines). Síťové služby HYDRO-NETWORK musí vzhledem k navrhovaným technologiím, používat pro přenos a adresaci protokol TCP/IP.

5.5.2 Národní archiv hydrologických časových řad

Hlavní motivací k vybudování Národního archivu hydrologických časových řad, je stávající stav dokumentovaný v rámci kapitoly 3.2.4 Archivace měřených dat. Cílem vybudování této služby je sjednocení problematiky archivace na národní úrovni, odstranění problému nekompatibility archivů jednotlivých relevantních organizací a snížení nákladů na provoz archivačních služeb jak v rámci státních podniků správy povodí tak poboček ČHMÚ.

Navrhovaný archiv sestává z tří základních subsystémů:

- databázový systém,
- mapový server,
- datová služba.

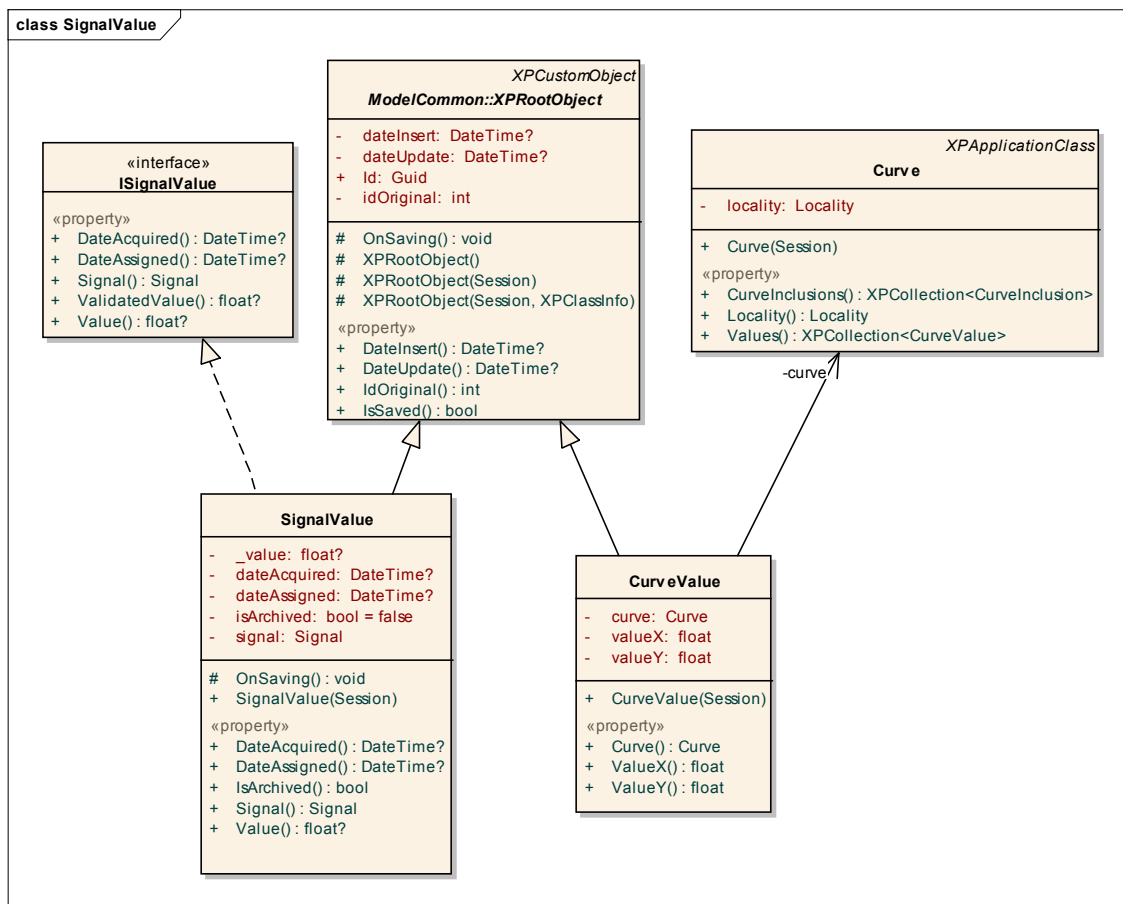


Obrázek 23 Základní schéma návrhu Národního archivu hydrologických časových řad

Návrh databázové řešení Národního archivu hydrologických časových řad musí zohlednit obrovské množství dat, se kterým bude pracovat. Vezmeme-li při odhadu kapacit databází v úvahu pouze současný stav, tedy množství měřených signálů (neodpovídá počtu měřicích stanic, protože stanice může měřit několik veličin současně) a interval vzorkování, můžeme se dostat k následujícím hodnotám:

- přibližný počet měřených signálů pouze v rámci HPPS je přibližně 500,
- interval vzorkování je 10 minut,
- z každého signálu je odvozen v průměru jeden další signál (například z výšky hladiny průtok),
- velikost záznamu dle navrhované struktury (viz Obrázek 24 Doménový model – uložení signálů a kapitola 5.6 Návrh doménového modelu) je 57 bajtů.

Za těchto teoretických předpokladů je nezbytné zajištění přibližně 3GB kapacity ročně. Ničméně výše uvedené hodnoty jsou nebezpečně optimistické. Mimo stanice provozované v rámci HPPS existuje a je provozováno (za účelem poskytování stávajících služeb) velké množství dalších měřicích stanic. Například pouze v rámci povodí Vltavy vzniklo za poslední 4 roky provozu cca 10 GB měřených dat.



Obrázek 24 Doménový model – uložení signálů

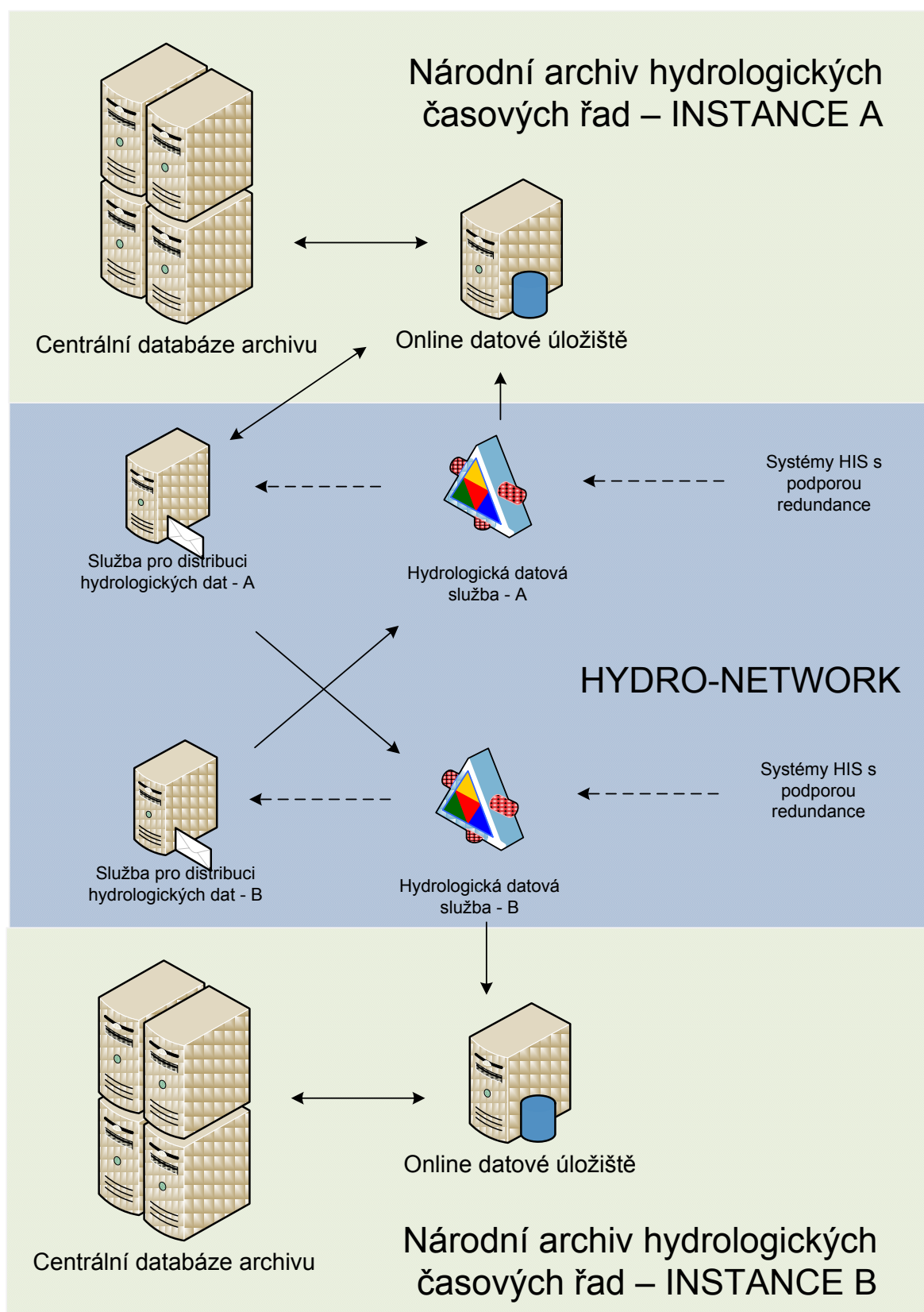
Vzhledem k předpokládanému množství dat spravovaných archivem, je nezbytné rozdělit řešení databáze na dvě části. První část představuje online databáze archivu, která spravuje data ve stejných strukturách jako centrální databáze, avšak z důvodu rychlejšího přístupu k datům udržuje data pouze za poslední dva celé roky. V praxi se ukázalo, že data starší než dva roky jsou pro běžnou činnost a provoz systémů v operativní hydrologii využívána pouze vzácně.

Veškeré operace nezbytné k vypořádání požadavků na služby mapového serveru, katalogové služby nebo datové služby jsou proto prováděny nad online databází. Všechny změny jsou pak z online databáze propagovány specializovanou synchronizační službou.

Současně s archivací samotných měřených dat je třeba v rámci navrhovaného řešení národního archivu počítat také s archivací měrných křivek. Přesnost každé měrné křivky v čase klesá, tak jak dochází ke změnám v toku, ať už jsou přirozené či uměle vyvolané činností člověka. Proto je prováděno měření a validace měrných křivek, které jsou následně využívány k výpočtům hodnot odvozených signálů. Pro potřeby pozdějšího využití či zhodnocení historických časových řad je proto nezbytné spolu s daty archivovat také vývoj měrných křivek.

5.5.2.1 Redundance systému

Význam archivu hydrologických dat v rámci navrhované architektury je zcela zásadní. Proto je třeba ze strany provozovatele garantovat nejen spolehlivé zálohování, ale současně zajistit i redundanci systému. Ta bude realizována provozem dvou geograficky dislokovaných instancí celého systému archivu, které budou navzájem nahraditelné (viz kapitola 4.7 Nahraditelnost komponent a služeb). V případě volby geografického umístění obou instancí archivu by měla být brána v úvahu i garance konektivity. Ta musí být poskytována u každé instance jiným dodavatelem, čímž je minimalizováno riziko poruchy či výpadku na straně komunikačních technologií jednoho provozovatele.



Obrázek 25 Redundance Národního archivu hydrologických časových řad

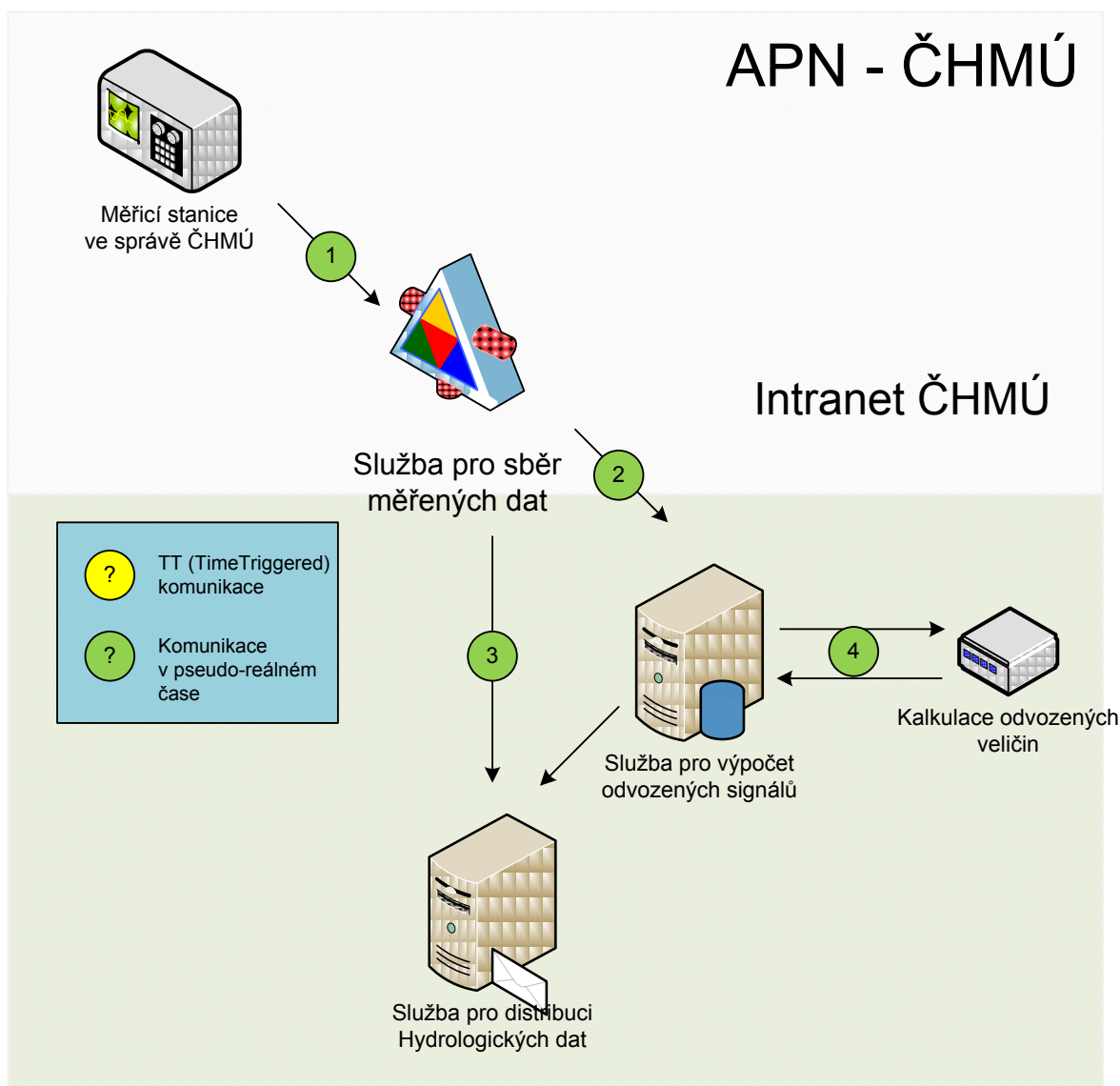
Z hlediska zajištění redundance systémů by neměla být definována instance primární a sekundární. Tento přístup zajistí skutečnou nahraditelnost a zamezí typické degradaci případné sekundární instance v čase (častý jev u redundantních systémů). Obě instance svůj provoz navzájem monitorují a v případě dostupnosti mezi sebou synchronizují měřená data. Stejně tak, by měly s touto redundancí počítat všechny instance Služby pro distribuci hydrologických dat.

V případě, kdy dojde k výpadku jedné instance archivu, přesměrovávají se všechny služby na instanci druhou, se kterou dále pokračuje veškerá budoucí komunikace až do jejího výpadku či dočasné nedostupnosti, která je řešena identicky.

5.5.3 Návrh řešení sběru dat ČHMÚ

Návrh řešení sběru hydrologických dat předpokládá úspěšnou implementaci Reorganizace odpovědnosti za provoz technologií dle kapitoly 5.4.2. Na straně ČHMÚ pak bude zajištěna jak komunikace se všemi stanicemi tak distribuce získaných a zpracovaných dat.

Ať už se jedná o stanice Fiedler-Mágr, LEC či jiné, je komunikace se serverem řešena třemi způsoby. Jedním způsobem je komunikace prostřednictvím poskytované datové služby telefonního operátora GPRS a druhým způsobem pomocí vytáčeného spojení se stanicí CSD (Circuit Switched Data). Třetím způsobem je komunikace prostřednictvím radiové sítě, nicméně tato varianta, ač z ekonomického úhlu pohledu může relativně zajímavá, nemá tolik případů nasazení jako předchozí zmíněné. Měřicí stanice využívají těchto poskytovaných služeb, ale zároveň komunikují pomocí jiných komunikačních protokolů, proto by komunikaci s těmito stanicemi měly zabezpečovat nezávislé, oddělené komunikační moduly pro každý typ stanice. Tyto komunikační moduly by pak měly být řízeny nezávisle běžící Službou pro sběr měřených dat. Z důvodu optimalizace datových toků je nezbytné, aby služba běžela na stejném serveru či HW platformě, jako Služba pro distribuci hydrologických dat.



Obrázek 26 Návrh řešení komunikace v rámci ČHMÚ

5.5.4 Návrh řešení zpracování dat ČHMÚ

Sada měřených hodnot je po přijetí na straně Služby pro sběr měřených dat identifikována a asociována k odpovídající stanici. Po této identifikaci je naměřeným hodnotám přiřazen mimo již evidovaného času pořízení i takzvaný „přiřazený čas pořízení“ (Attached Measure Time). K tomuto kroku dochází, jelikož měřicí stanice v řadě případů nezaevidují čas změření hodnoty dle přesně požadovaného časového rastru, ale s drobnou odchylkou v řádu jednotek sekund. Přiřazený čas pořízení pak představuje čas, ve který „měla“ být hodnota podle konfigurace HIS pořízena. Příkladem může být průtok měřený v desetiminutových intervalech, tedy např. v 00:00:00, 00:10:00, 00:20:00, 00:30:00, ... Ke skutečnému přečtení hodnoty z čidla však může docházet například v 00:00:03, 00:09:51, 00:20:08, 00:30:01, ... Jelikož všechny navazující operace nad měřenými daty předpokládají změření právě v definovaném časovém rastru, je pro výkon a další provoz systému nezbytné odvození a zaznamenání této hodnoty a její další

distribuce spolu s měřenou hodnotou. V případě, že je pro jednu časovou značku rastru nalezeno více hodnot, je použita pouze první a ostatní hodnoty jsou předány Službě pro monitoring dat.

5.5.5 Získávání chybějících dat

Primárně by měly být ze stanic přijímána data pomocí GPRS. Pokud dojde k výpadku GPRS služby (ze strany operátora, nebo nepříznivými povětrnostními podmínkami) a data nebudou po nastavenou dobu operátorem přijímána, služba by se měla pokusit získat data pomocí vytáčeného spojení a získaná data uložit do databáze. Pokud by se nedařilo získat data ani pomocí vytáčeného spojení, služba by měla v pravidelných intervalech opakovat spojení, až se potřebná data uloží do databáze, nebo dokud operátor sám tento proces nezastaví. Všechna data přijata ze stanic by nesla také informaci, jakým způsobem byla přijata, kolik dat bylo přeneseno a kolik času připojení zabralo. Toho by se mohlo do budoucna využít pro vytváření nejrůznějších reportů o dobách připojení nebo cenách přenosu.

5.5.6 Doplnění chybějících dat - validace

Řešení musí nabídnout možnost spravovat signály z historické databáze a následně je vkládat či aktualizovat v centrálním archivu. Také by měla nabídnout možnost vkládat nové hodnoty na základě intervalů signálů v archivu již existujících. Důležité je zajistit, aby existující signály, pro které se hodnoty získávají automaticky, nebylo možné modifikovat. Každý takový signál by měl být označen příznakem v databázi. Editace signálů by se měla provést nad daty zkopírovanými do lokální databáze. Jejich uložení by se mělo provést až po potvrzení změn operátorem. Díky tomuto mechanismu by mělo být možné vrátit se k původním datům v případě provedení některé nevhodné operace před potvrzením.

5.5.6.1 Zamykání záznamů

Při výběru signálu a jeho časového intervalu k validaci by měl být zjištěn jeho stav, zdali je validován, ale zatím nepotvrzen. V případě, že je již validován (nebo jiná validace zasahuje do zvoleného intervalu) a zatím nepotvrzen, by mělo být zobrazeno upozornění, že daný signál se již validuje a tuto úlohu pro něj není možné inicializovat, pokud by nebyla předchozí validace ukončena. V jiném případě by se mělo provést uzamčení zvoleného intervalu a hodnoty vybraného signálu v daném časovém intervalu by měly být zkopírovány z centrální databáze do lokální databáze počítače, kde je provozován nástroj pro validaci časových řad. V lokální databázi je třeba zajistit úplnou kompatibilitu modelu s centrální databází tak, aby v průběhu procesu validace nedocházelo ke ztrátě informací (ideálně použitím navrženého doménového modelu viz kapitola 5.6 Návrh doménového modelu).

Ve chvíli, kdy je úspěšně dokončen proces validace a všechny nové hodnoty zapsány dle připraveného validačního scénáře do databáze, může dojít k odemčení záznamu v centrální databázi a odstranění lokálních dat.

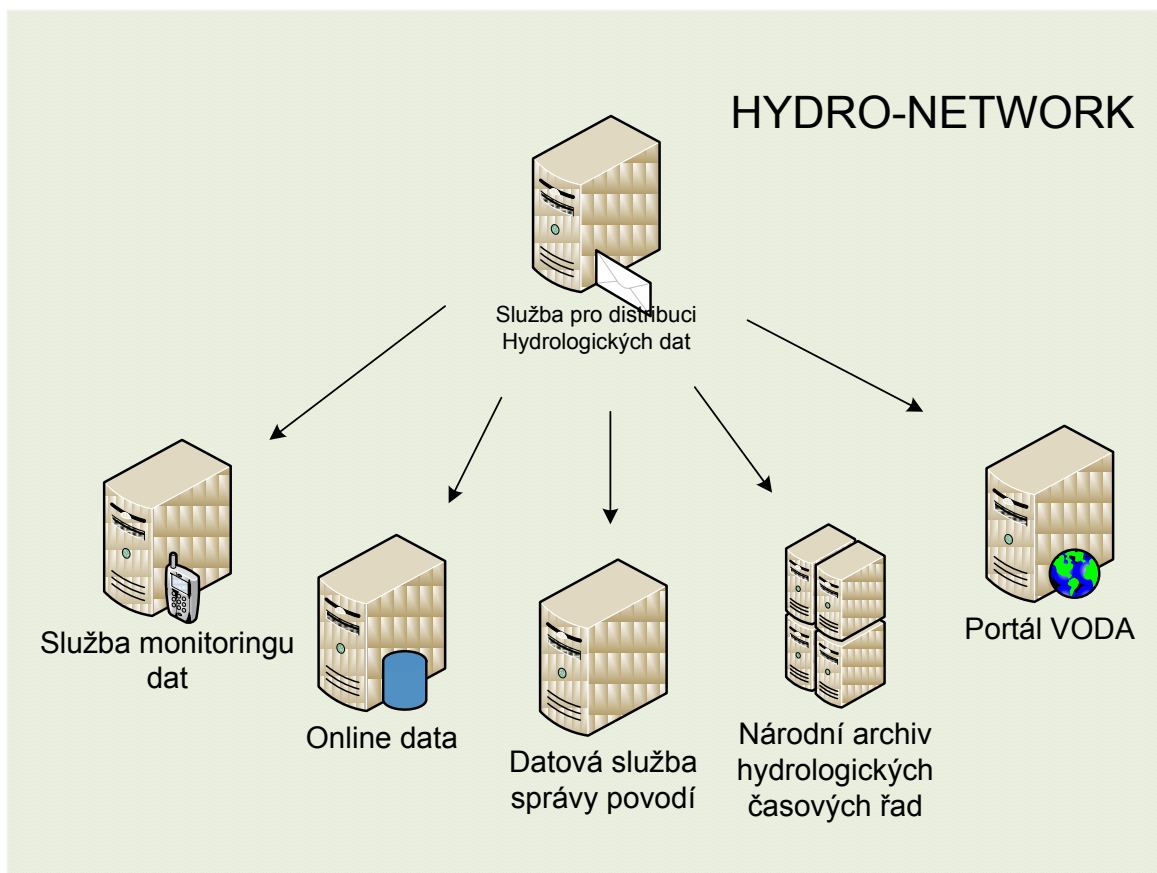
5.5.6.2 Rekalkulace hodnot signálů po validaci

Po úspěšném dokončení každé validace, musí validační služba ověřit, zdali nedošlo k validaci signálu, který je v roli zdrojového signálu pro některé z definovaných odvození. Pokud ano je nezbytné iniciovat mechanismus přepočtu odvozených hodnot v celém rozsahu validovaného signálu.

Zde je třeba počítat s vysokou náročností a vysokých požadavků této úlohy na čas procesoru a diskové operace. Úloha tudíž musí být navržena jako asynchronní s nízkou prioritou. Po dokončení přepočtu jsou nově odvozené hodnoty uloženy v centrální databázi na místě původních dat.

5.5.7 Distribuce dat v rámci sítě HYDRO-NETWORK

Služba pro distribuci hydrologických dat patří ke zcela klíčovým prvkům navrhované architektury. Její implementace musí umožnit jak konfigurovat veškeré datové kanály, tak zakládat nové. Musí být kladen důraz na zajištění prokazatelného doručení dat, tedy implementovat mechanismy potvrzované komunikace. Součástí této služby je lokální databázový systém, který zajišťuje perzistenci přenášených dat až do doby jejich úspěšného doručení všem registrovaným příjemcům (konzumentům dat). Pro každého příjemce je možné definovat více datových kanálů, čímž bude možné zajistit redundanci spojení a zálohování komunikace.



Obrázek 27 Ukázka možných konzumentů dat Služby pro distribuci hydrologických dat

Distribuce dat musí probíhat v reálném čase. Při implementaci této služby je proto třeba dbát na to, že případná výměna dat prostřednictvím databázového systému může mít za následek významný nárůst zátěže hostujícího operačního systému a HW platformy. I když technologie databázových systémů umožňují reagovat na události prováděné s daty, je využití této varianty špatným řešením a krajně se nedoporučuje. Databáze v rámci této služby hraje pouze roli zálohy pro případ nečekaného výpadku služby, havárie hostujícího operačního systému či hardwarové platformy.

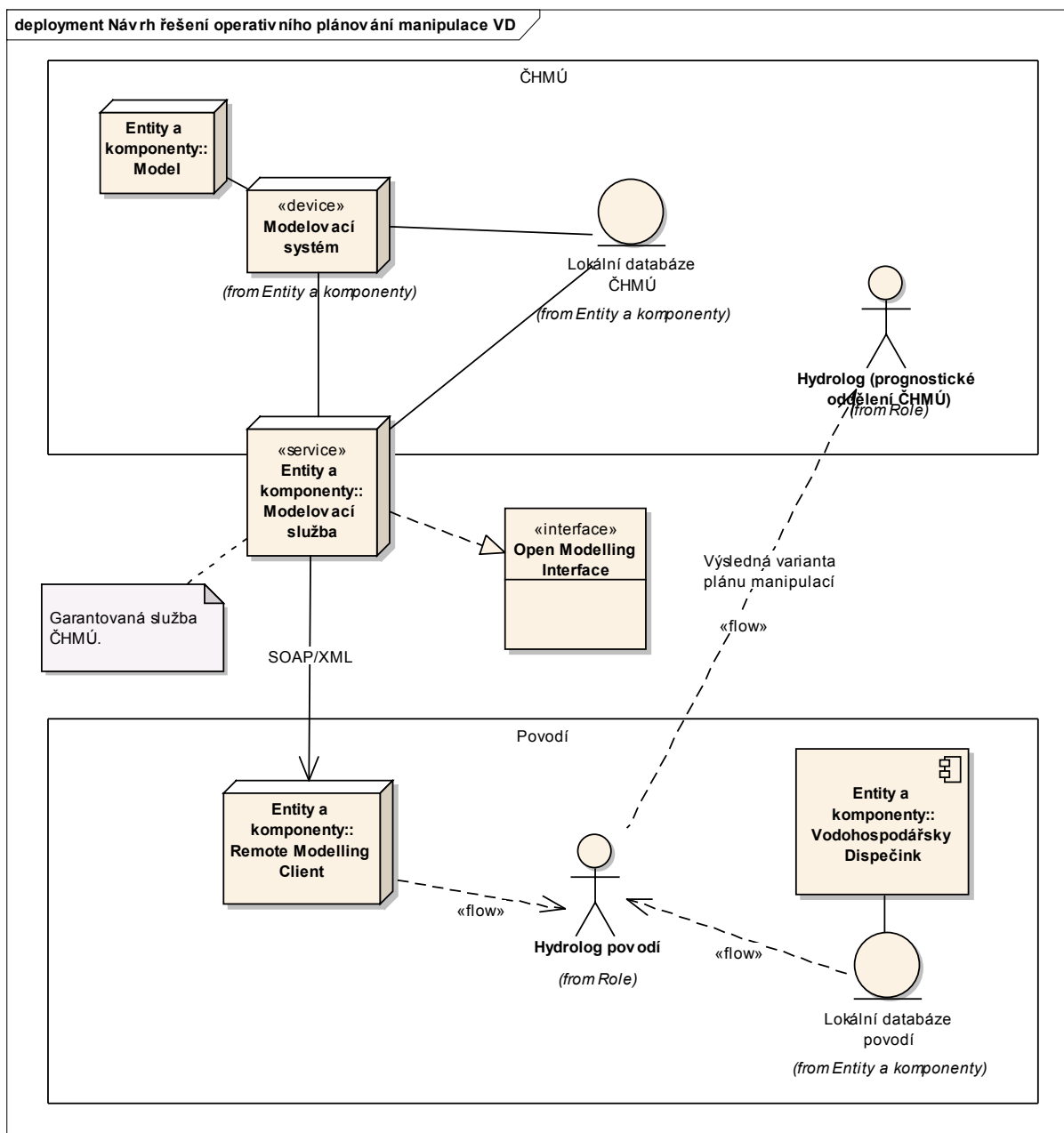
Konzumenti hydrologických dat (viz Obrázek 27 Ukázka možných konzumentů dat Služby pro distribuci hydrologických dat) nejsou samozřejmě úplným výčtem možných odběratelů dat. Schéma (viz demonstruje pouze doporučené minimum registrovaných služeb, které se může lišit v rámci konkrétních nasazení Služby pro distribuci hydrologických dat. Například v případě Středočeského kraje bude určitě jedním z významných konzumentů dat Labsko-Vltavský Dopravní Informační Systém (LAVDIS).

Podstatným sjednocujícím prvkem je rozhraní IHydroDataService (viz kapitola 5.6 Návrh doménového modelu).

5.5.8 Podpora přípravy plánu manipulací VD

Z analýzy provedené v rámci této práce (viz kapitola **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** REF _Ref302389919 \h * MERGEFORMAT **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) je zřejmá existence procesně nevhodně navržené úlohy v oblasti přípravy plánu manipulací vodního díla. Za normálních okolností je tato komplikace řešitelná operativně přímým telefonickým jednáním pracovníků oddělení prognózy na straně ČHMÚ a dispečinku správy povodí. Avšak v případě právě probíhající povodně či jiné kritické situace se může tato komplikovanost stát zdrojem nedorozumění či špatné interpretace prognózy ČHMÚ při tak zásadní činnosti jakou je manipulace vodních děl.

Řešení a úplná eliminace tohoto nedostatku je však na technické úrovni nejtypičtějším příkladem nasazení a využití distribuovaných informačních systémů v operativní hydrologii. Celý problém zde spočívá v rozložení odpovědnosti mezi dvě organizace. ČHMÚ odpovídá za modelování a prognózu hydrologické situace na tocích. Podniky povodí odpovídají za manipulace vodních děl. Seběmenší změna v plánované manipulaci však zásadním způsobem ovlivňuje výsledky modelování (na straně ČHMÚ). Z toho důvodu podniky správy povodí často provozují svoje pomocné modely, které jim slouží pro manuální analýzu různých scénářů manipulace. Ty ovšem neodpovídají modelům provozovaným na straně ČHMÚ, která za tuto činnost odpovídá. Přeneseně se tedy dá říci: „platí pouze to, co modeluje ČHMÚ“.



Jako součást návrhu komplexního řešení integrovaného hydrologického systému je proto definována implementace rozhraní Open Modelling Interface (OMI, viz kapitola **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) a jednoduchý klient pro vzdálené modelování (Remote Modelling Client). Cílem je zpřístupnit funkce modelovacího systému spravovaného na straně ČHMÚ jednotlivým podnikům správy povodí, zejména pak jejich pracovištím dispečinku. Ti budou moci prostřednictvím jednoduché aplikace (či webovým rozhraním služby) komunikovat s modelem a zobrazovat výsledky jednotlivých scénářů manipulace vodních děl na toku. Předmětem přímé komunikace pracovníků by pak bylo pouze informování o výsledném (ideálním) scénáři manipulace, na základě kterého by byly prováděny všechny další (navazující) prognózy. Tímto způsobem by bylo dosaženo mnohem vyšší efektivity a ve výsledku kvality procesu rozhodování. Další výhodou je přístup modelu na straně ČHMÚ k veškerým aktuálním měřeným datům telemetrické sítě ČHMÚ (viz kapitola 5.4.2 Reorganizace

odpovědnosti za provoz technologií), které poskytnou nezbytné vstupní informace o stavu srážek a průtoků na stanicích v horních částech toků.

5.5.9 Konfigurace sítě měřicích stanic

Konfigurace stanic jednotlivých výrobců by měla probíhat prostřednictvím programového vybavení dodaného spolu s danou měřicí stanicí. Veškeré konfigurace stanic, které jsou potřebné k správné propagaci dat, by měly být uloženy v konfigurační databázi Služby pro sběr měřených dat. Tato konfigurační databáze by však měla být nositelem pouze základního nastavení stanic, které jsou potřebné pro službu a ukládání dat do lokální databáze. Systém by měl nabízet možnost toto nastavení automaticky aktualizovat prostřednictvím komunikačního modulu v závislosti na možnostech komunikačních protokolů podporovaných daným zařízením. Aktualizaci konfigurace ze stanice by pak mělo být možné iniciovat také manuálně z prostředí aplikace pro správu měřicí sítě.

5.6 Návrh doménového modelu

V rámci přípravy navrhované koncepce a architektury vznikl také doménový model, který definuje a popisuje konkrétní třídy a rozhraní použitelné v rámci implementace. Vzhledem k jeho rozsahu (cca 80 stran) není přímo součástí této práce. Dokumentaci modelu je možné mezi digitálními přílohami práce či na adrese http://www.elvacolutions.eu/linked/DP-Stromsky-Domain_model.rtf.

5.7 Podpora nasazení distribuované architektury

Jelikož je implementace a zavádění nové koncepce do praxe dlouhodobý proces, je třeba nabídnout podpůrný nástroj či nástroje k zajištění kompatibility se zastaralými či nekompatibilními systémy, používanými komunikačními protokoly a výměnnými formáty.

Takovou podporu na základní úrovni zajistí následující komponenty VHD Scout a VHD DataService.

5.7.1 VHD Scout

Aplikace VHD Scout je lehký daemon běžící na straně konzumenta či producenta vodohospodářských dat (nebo obojího současně), který zajišťuje komunikaci se službou VHD DataService potažmo s komponentou pro centrální uložení dat. Jeho hlavní úlohou je získávání datových sad v podobě intervalů časových řad a jejich poskytování k potřebám provozu klienta. Současně pak zajišťuje také zasilání aktuálních dat z klienta zpět.

Hlavní motivací k návrhu této komponenty byl oprávněný požadavek na navázání moderní technologie na zastaralé datové toky, jejichž náhrada je plánována v dlouhodobém výhledu, nicméně jejichž provoz je nezbytný. Tato návaznost je zajištěna právě instalací komponenty VHD Scout, která nejen že tuto roli zastane, ale současně výrazně zrychlí distribuci dat v reálném

čase. Právě zastaralý způsob komunikace je hlavním důvodem výrazného opoždění aktualizace dat v systémech.

Komunikace aplikace s technologií konzumenta či producenta dat probíhá prostřednictvím souborového systému hostujícího operačního systému. V konfiguraci aplikace VHD Scout je možné zvolit skupinu adresářů pro data příchozí a data odchozí, do kterých jsou pak jednotlivé typy dat zapisovány, respektive ze kterých jsou vyčítány.

5.7.1.1 Offline režim

V případě, kdy aplikace VHD Scout ztratí spojení se službou VHD DataService, je třeba zajistit perzistenci dat v rámci aplikace. Ta disponuje vlastní interní perzistentní keší, do které se data ukládají a v případě dostupnosti některé z komunikačních služeb (primární nebo sekundární – viz kapitola 5.7.1.2 Podpora redundance) ihned odesílají. Takto je zamezeno ztrátě jakýchkoli dat vyprodukovaných technologií na straně konzumenta či producenta z důvodu restartu technologického počítače nebo havárie hostujícího operačního systému.

5.7.1.2 Podpora redundance

Vzhledem k narůstající vážnosti hydrologických dat z hlediska služeb poskytovaných společnosti je v současnosti nezbytností zajistit na úrovni klíčových komponent, jako jsou centrální databáze nebo komunikační či alarmní servery, provoz v režimu tzv. horké zálohy (hot-swap). Po výpadku jedné instance komponenty je zajištěn okamžitý přechod na instanci alternativní.

K zajištění podpory redundance umožňuje aplikace VHD Scout nakonfigurování spojení na alternativní instanci služby VHD DataService. V případě nedostupnosti původního je pak komunikace řešena prostřednictvím alternativního serveru/služby (viz schéma - Obrázek 28 Ukázkový příklad podpory interoperability v rámci PVL).

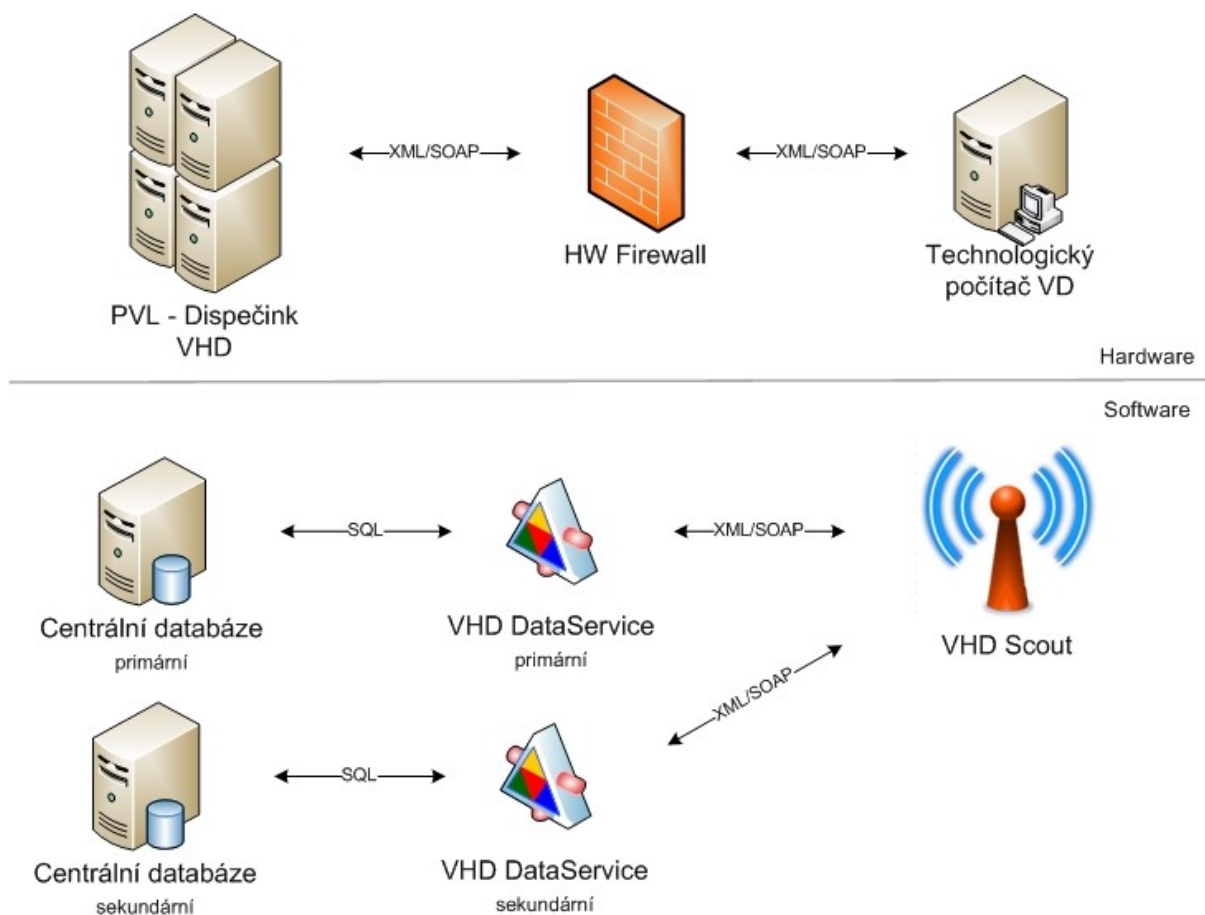
5.7.2 VHD DataService

Služba VHD DataService zajišťuje řízené a zabezpečené publikování a zpracovávání měřených dat autorizovaným konzumentům či producentům vodohospodářských dat. Jedním z klientů této datové služby je pak aplikace VHD Scout. Služba staví na technologii webových služeb a protokolu SOAP. Jedná se tedy o otevřený protokol, který bude do budoucna možné využít jak v rámci případné implementace dalších klientských aplikací a nástrojů, tak pro zajištění interoperability s existujícími systémy. Na straně administrace je k dispozici správa přístupu, kde je možné definovat seznam autorizovaných klientů, ze kterých je povolený přístup k datům komponenty centrálního úložiště dat.

5.7.3 Možná implementace v případě povodí Vltavy

Typickým příkladem využití je řešení aktuálního (2011) problému správ povodí ČR, kdy dochází ke konfliktu technologie provozované na jednotlivých vodních dílech povodí s komunikačními protokoly správ povodí. Na straně vodních děl jsou ve valné většině případů

využívány proprietární protokoly v závislosti na dodavateli technologického celku. Vzhledem k dlouhodobé povaze investice na vodním díle je pak třeba v případě inovace komunikačních systémů v rámci povodí zajistit interoperabilitu zmíněných systémů minimálně na stejné úrovni. Jedná se tedy o typický příklad řešitelný nasazením navržené komponenty VHD Scout. Z důvodu zvýšených požadavků na zabezpečení technologií vodního díla je vhodné oddělit technologický počítač VD hardwarovým firewallem či jiným síťovým prvkem pro omezení přístupu z vnější sítě. I přes toto opatření by pak měla veškerá komunikace probíhat prostřednictvím privátní sítě, nikoli prostřednictvím sítě Internet.



Obrázek 28 Ukázkový příklad podpory interoperability v rámci PVL

Díky obecnému a otevřenému návrhu aplikace VHD Scout v kombinaci se službou VHD DataService a celé koncepci komunikace systému VHD se nabízí možnost nasazení této aplikace také v rámci výměny měřených dat s ČHMÚ. Ta totiž využívá pro výměnu dat s povodími převážně nevhodný protokol FTP. V případě možnosti nasazení komponenty VHD Scout v rámci hostujícího operačního systému provozujícího FTP Server, je možné zajistit bezproblémovou návaznost a opět zásadní navýšení rychlosti doručování datových sad.

Obecně je pak možné komponentu VHD Scout nasadit v jakémkoli obdobném scénáři.

6 TECHNOLOGIE SBĚRU A ODVOZENÍ DAT

Základem pro všechny navazující procesy je samozřejmě pořízení kvalitních a aktuálních dat. Data pro potřebu hydrologie vznikají přímým měřením na tocích či vodních dílech odvozováním z měřených hodnot či statistickým vyhodnocením. V oblasti operativní hydrologie pak hrají nejdůležitější roli vstupní data pořízená přímým měřením, ať už se jedná o výšku hladiny či hodnoty získávané srážkoměrnými stanicemi.

6.1 Pořizování dat přímým měřením

6.1.1 Přístrojová technika – měření na tocích

K primárnímu zajištění tohoto úkolu je nezbytná přístrojová technika, pomocí které dochází ke sběru dat a k jejich následnému zpracování. Stejně jako jiné vědní obory i hydrologická přístrojová technika prochází procesem neustálého rozvoje. Ještě v 80. letech 20. století byly vybavovány pozorovací objekty limnigrafickými přístroji s mechanickým záznamem. Významným krokem v automatizaci hydrologických sítí bylo v letech 1986–87 nasazení záznamových jednotek AMRS 16A do objektů hlubinné sítě podzemních vod [2]. Od začátku 90. let docházelo k využívání nejprve záznamových jednotek s lokálním záznamem dat, později i komunikačních jednotek různých typů s připojenými měřicími sondami. Příkladem automatizace hydro-prognózních stanic PVV po povodni 1997 bylo vybavení dataloggeru s hlasovým výstupem (NOEL) a dálkovým přenosem dat přes pevnou linku i pomocí radiotelefonu mobilní sítě NMT, později GSM.

Vývoj automatizace je dokumentován i počty objektů v pozorovacích staničních sítích povrchových vod (dále PVV) a podzemních vod (dále PZV) ČHMÚ v různých obdobích, včetně údajů o vývoji automatizace těchto objektů (viz Tabulka 1 Objekty PVV (Povrchových vod) a PZV (Podzemních vod) – vývoj počtu (období 1954–2009)). Zatím co v době vzniku HMÚ v r. 1954 bylo v činnosti 226 vodoměrných stanic, v r. 2009 činil jejich počet 512. V r. 1996 bylo automatizováno 23 % objektů PVV a jen 10 % objektů PZV. U stanic PVV bylo v r. 2000 automatizováno 58 %, z toho 162 pouze s lokálním záznamem a 121 se záznamem i dálkovým přenosem dat. Zatímco v r. 2005 činil podíl automatizovaných stanic 73 %, v r. 2009 bylo automatizováno již celkem 93 % stanic (v r. 2005 se jednalo o 198 stanic s lokálním záznamem a 169 stanic i s přenosem dat, v r. 2009 – 173 s lokálním záznamem a již 301 i s přenosem dat). Jedná se o moderní telemetrické stanice fy Fiedler M4016 (především v oblasti působnosti poboček Praha, Č. Budějovice, Brno a Ostrava) a stanice NOEL 3000 firmy LEC (pobočky H. Králové, Plzeň a Ústí n. L.) uvedené do provozu během uplynulých cca 5 let. S využitím těchto automatických stanic ČHMÚ v současné době získává většinu naměřených dat.

V současnosti se pro dálkový přenos dat využívá technologie mobilního datového přenosu GPRS (oproti do počátku 21. stol. užívanému přenosu dat s využitím jednotné telefonní sítě). Data jsou prezentována mimo jiné i na internetu. V síti PZV se počet mělkých vrtů snížil z 1464 objektů v r. 2000 na 981 v r. 2009, počet hlubokých vrtů se za stejné období zvýšil z 251 na 399

objektů. Pramenů bylo pozorováno 405 v r. 2000, v r. 2009 pouze 349. V roce 2000 bylo automatizováno 22 % vrtů (údaje bez HP profilů), tj. 270 stanic, v roce 2005 25 % vrtů, což představovalo 305 stanic. V r. 2009 dosáhl podíl automatizovaných stanic hodnoty 66 % (658 stanic s lokálním záznamem a 247 stanic se záznamem i dálkovým přenosem dat), které představují sběrné a přenosové jednotky firem Fiedler, LEC a Sekanina.

V odděleních PVV stále patří k důležitým přístrojům při měření průtoků hydrometrická vrtule, jedná se o 32 vrtulí C31 a 21 vrtulí C2 od firmy OTT, Německo. Mimo převažujících manometrických čidel pro měření výšky hladiny jsou provozována i bublinková, plováková a radarová čidla. V odděleních PZV se pro měření výšky hladiny používají tlaková, příp. plováková čidla. Pracovníci i pozorovatelé jsou pro měření výšky hladiny vody ve vrtech vybaveni 590 elektrokontaktními hladinoměry.

6.1.1.1 Moderní trendy měření průtoků

Pro operativní měření průtoků jsou v hydrologické službě od r. 2003 pořizovány mobilní ultrazvukové průtokoměry ADCP (Acoustics Doppler Current Profiler), které v současnosti představují nejmodernější vybavení nejen v ČHMÚ, ale i v ČR. Z těchto měřicích systémů ADCP slouží v současné době hydrologům ČHMÚ 4 ks Rio Grande a 8 ks StreamPro (výrobce RD Instruments, USA). V r. 2007 proběhlo na setkání uživatelů ADCP v Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Koblenz na Rýnu srovnávací měření průtoků. Tři přístroje Rio Grande ve vlastnictví ČHMÚ změřily průtok s odchylkou 1 % od referenční hodnoty [1]. Autoři se dále zmiňují o metrologickém zabezpečení v oboru hydrologie, které začalo být během několika uplynulých let zaváděno v rámci zajištění jednotnosti a přesnosti měřidel a měření (mj. evidence měřidel, kategorizace měřidel, kalibrace přístrojů). Na základě udělení autorizace k výkonu úředního měření průtoků vody na vodních tocích (udělil Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví) a osvědčení o technické a metrologické způsobilosti úředního měření (udělil Český metrologický institut) provádí ČHMÚ výkon úředního měření. V r. 2010 pracovalo v hydrologické službě ČHMÚ celkem 9 úředních měřičů s platným certifikátem. Součástí plánů do budoucnosti je pokračování v automatizaci stávajících měřicích systémů a v další modernizaci hydrologické služby včetně sledování nových vývojových trendů v hydrologické přístrojové technice [3].

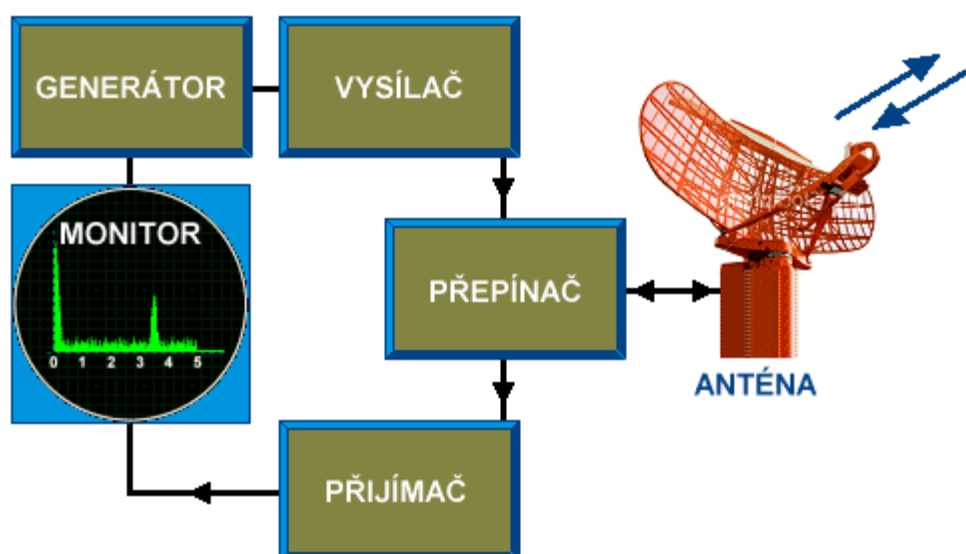
Tabulka 1 Objekty PVV (Povrchových vod) a PZV (Podzemních vod) – vývoj počtu (období 1954–2009)

Rok	Objekty PVV		Objekty PZV			Zdroj
	Vodoměrné stanice	Poznámka	Vrty	Prameny	Celkem objekty PZV	
1954	226	z toho 145 vybaveno limnigrafy	-	-	-	[3]
1969	391	z toho 280 vybaveno limnigrafy	1169	554	1723	[5]
1996	455 [4]	celkem 527 objektů PVV	-	-	2414	[6]
2000	492	-	1715	405	2110	[7]
2005	504	-	1686	379	2065	[7]
2009	512	z toho 313 vybaveno limnigrafy	1815	349	2164	[7]

Moderní přístroj typu ADCP představuje revoluční způsob měření průtoku. Systém ADCP lze zjednodušeně charakterizovat jako kontinuální měření rychlostních segmentů v profilu vodního toku s využitím sondy pracující na principu Dopplerova jevu s plně automatizovaným zpracováním. Člun, na kterém je sonda ADCP umístěna, se pohybuje od jednoho břehu vodního toku ke druhému a ultrazvukové zařízení snímá akusticky vodní těleso pod sebou. Směrem ke dnu jsou vysílány ve čtyřech paprscích signály o dané frekvenci, jsou odraženy částicemi rozptýlenými ve vodě a zpětně zachyceny sondou ADCP jako tzv. echa. Změna frekvence mezi vysílaným a přijímaným signálem podává informace o pohybu částic. Systém ADCP je schopen rozlišovat přijatá echa z různých hloubek a na základě toho zkonstruovat rychlostní profil. Další ultrazvukové signály (reflexe ode dna řeky) jsou nutné k určení hloubky a rychlosti pohybu člunu. Postupnou sumací naměřených hodnot rychlostního a příčného profilu získáme výsledný průtok ve vodním toku [9].

6.1.2 Pořizování vstupních dat meteorologickým radarem

Radar je založen na odrazu rádiových vln. Ty vznikají tak, že generátor vytváří vysokofrekvenční signál, který je přes přepínač směřován do antény. Po odvysílání je přepínač přepnut do stavu příjmu. Přijímač po určitý časový úsek snímá úroveň signálu přijatého anténou.



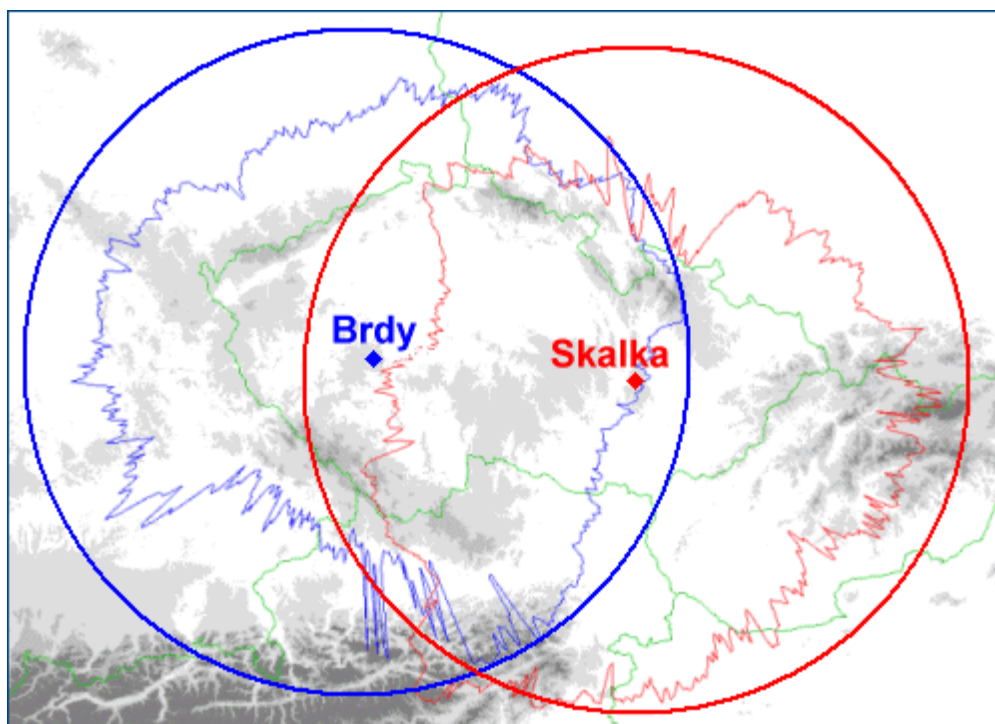
Obrázek 29 Základní princip fungování meteorologického radaru [51]

Vzdálenost obou výchylek na vodorovné stopě je přímo úměrná vzdálenosti, z jaké se vrací odražený impulz. Tak je možno na stupnici určit okamžitou vzdálenost objektu od antény. Radary jsou provozovány na různých frekvencích v závislosti na účelu použití.

Tabulka 2 Používané frekvence rádiových měření[50]

Pásmo	Frekvence GHz	Vlnová délka cm	Využití
L	1 - 2	15 - 30	Řízení leteckého provozu
S	2 - 4	7,5 - 15	Řízení leteckého a námořního provozu, mikrovlnná trouba
C	4 - 8	3,75 – 7,5	Satelitní vysílání
X	8 - 12	2,5 – 3,75	Sledování a řízení raket, námořní radary, meteorologie, letecký provoz, radarové mapování
K	12 - 40	0,75 – 2,5	Radarové mapování, satelitní navigace, meteorologie, měření rychlosti, letecký provoz
mm	40 - 300	0,1 - 0,75	Trojrozměrné mapování

Meteorologické radary zachycují a zpracovávají signály, odražené od mraků s dešťovými kapkami nebo sněhovými vločkami. Pro spolehlivé předpovídání počasí jsou výsledky radarových měření velmi důležité. Celé území České republiky monitorují dva velké meteorologické radary (Brdy, Skalka).



Obrázek 30 Hlavní meteorologické radary na území ČR [50]

Meteorologické radary pracují na klasickém principu odrazu mikrovln od vzdálených objektů. Antény meteorologických radiolokátorů zaměřují paprsky s vlnovou délkou 5,3 cm směrem k mrakům a přijímají jejich odraz od vodních kapek, ledových krupek či sněhových vloček. Intenzita odraženého signálu závisí především na vzdálenosti mraků a na velikosti odrážejících srážkových částic. Z výsledků radarového měření je možno určit druh částic, intenzitu srážek, prostorové rozložení oblačnosti i její pohyb [50].

Současným trendem je využití radarového měření pro kvantitativní odhady srážek. Jako vstupní data pro modelování, se dnes používají pouze na pobočkách ČHMÚ v Ostravě a Brně. V případě ostatních poboček je využívána především srážkoměrná síť.

6.2 Měrné křivky a data odvozená

6.2.1 Průtok

Jednou z klíčových informací odvozovaných z dat měřených v rámci jednotlivých povodí je průtok. S výpočtem této zdánlivě jednoduše odvoditelné hodnoty je ve skutečnosti spojeno velké riziko vzniku nepřesnosti a s tím spojené nejistoty vnášené do dalších fází procesu vyhodnocování, analýzy, predikce a dalších.

Současná dostupnost technologického vybavení totiž umožňuje relativně snadno instalovat a provozovat monitoring výšky hladin v povrchových tocích. Vzniká tak řada nových vodoměrných profilů zakládaných různými organizacemi vedle tradičních provozovatelů monitoringu, kterými jsou ČHMÚ a podniky Povodí. Kvalita těchto nově vznikajících dat je však mnohdy diskutabilní, a to zejména s ohledem na jejich transformaci z údajů o výšce hladiny na odpovídající velikost průtoku. Konstrukce a udržování aktuálnosti měrných křivek představuje časově a kapacitně velmi náročnou práci, kterou ve svých úvahách zakladatelé nových vodoměrných profilů většinou podceňují.

6.2.1.1 Měrné křivky průtoků

Měrná křivka průtoků (MKP) je vztah mezi vodním stavem (cm) v daném profilu a velikostí průtoku vody (m³/s). Tento vztah musí být jednoznačný, tzn. každé hodnotě vodního stavu je přiřazena pouze jedna hodnota průtoku. MKP se sestavuje na základě výsledků hydrometrických měření v daném profilu nebo hydraulického výpočtu. Profil nesmí být v dosahu vzduší pohyblivého jezu nebo kolísavého vzduší recipientu. MKP se vyjadřuje graficky nebo tabelárně, výjimečně analytickými rovnicemi.

Platnost MKP závisí na stabilitě hydraulických podmínek v daném úseku toku a je časově omezena. Může se měnit v důsledku změn příčného nebo podélného profilu toku po každé větší povodni. V některých profilech, kde je velký vliv stav vegetace, se užívají různé MKP pro letní a zimní období. Informace o platnosti MKP je důležitý doprovodný údaj, který nesmí být přehlédnut.

Stupně povodňové aktivity jsou proto většinou vztaženy k limitním hodnotám vodních stavů. Odpovídající hodnoty průtoků, které jsou uvedeny v evidenčních listech hlášených profilů, byly odvozeny podle MKP, platných v době vydání či celkové aktualizace Odborných pokynů, a mají význam spíše informativní (například pro srovnání s hodnotami N-letých průtoků). Pouze v některých případech jsou stupně povodňové aktivity (SPA) stanoveny podle limitních hodnot průtoků a to většinou u odtoků z nádrží a také na Vltavě v Praze [14].

6.2.1.2 Proložení a tvar MKP

Nástup personálních počítačů v poslední dekádě 20. století umožnil nahradit ruční grafickou práci (proložení křivky polem bodů reprezentujících hydrometrická měření) optimalizovaným výpočetním postupem. Toto řešení může svádět k domněnce, že odstranění subjektivního přístupu zpracovatele objektivní matematikou povede ke zkvalitnění výsledku. Taková představa je ovšem zcela mylná. Přenos prostředí, ve kterém dochází k proložení do počítačového programu, přináší sice podstatnou úsporu zdoluhavé ruční práce a nezanedbatelný komfort (variantní a současné zobrazení více křivek, snadná změna měřítka, apod.), do konstrukce křivky však nepřináší žádný kvalitativně nový prvek. Naopak, automatická bezmyšlenková aplikace může způsobit chybné zahlazení tvarových nuancí křivky a vnést tak do výsledku zcela zbytečnou ztrátu přesnosti.

U většiny měrných profilů nelze vystačit pouze s jedinou rovnicí měrné křivky pro celý rozsah vodních stavů. Je zcela evidentní, že strmost křivky v kynetě bude jiná než v rozlehlé inundaci. Stejně zřejmé je, že v profilech stabilizovaných měrnými prahy je v mnoha případech vytvářeno vzdutí, které je nutno popsat jiným typem rovnice než režim proudění za vyšších stavů, kdy vzdutí nízkým prahem zaniká. V našich podmínkách je nutné tímto způsobem přistupovat i k většině profilů přirozených. Za velmi nízkých stavů se zde vyskytuje vzdutí, způsobené nerovnostmi dna. Kapacitu vodoměrného profilu pak určuje zpravidla nějaký omezující příčný profil, který leží v určité vzdálenosti po proudu pod stanicí a jehož působení je podobné vlivu vzdouvacího prahu. V zahraniční literatuře [5] [6] je tento režim proudění nazýván „section control“, čímž se rozumí, že určujícím prvkem průtočnosti je nejbližší omezující příčný profil.

Režim proudění za vyšších stavů je nazýván „channel control“ [5] [6], což vyjadřuje výškové pásmo vodních stavů, ve kterém jsou určujícím faktorem průtočnosti hydraulické vlastnosti říčního koryta. Je to oblast, kde se již neprojevuje vzdutí dnovými útvary (nebo umělým prahem) a kde lze při určitém zjednodušení předpokládat proudění rovnoměrné (lépe řečeno kvazirovnoměrné) a pro odhad průtoku lze použít např. Chézyho rovnici. Mezi oběma oblastmi leží ještě přechodné pásmo („compound control“). Z toho vyplývá, že i v běžném výškovém rozsahu, kdy ještě nemusíme řešit vybřežení, máme na většině vodočetných profilů co do činění se třemi výškovými pásmy měrné křivky, které nelze vyjádřit jedinou společnou rovnicí. Hranice mezi těmito pásmy mohou být (a většinou bývají) obtížně identifikovatelné, neboť detailní tvar křivky se ukrývá v rozptylu hydrometrických měření, který je způsoben chybami měření nebo časovými změnami dnových útvarů [7].

Při vývoji software pro konstrukce měrných křivek je proto třeba klást důraz na flexibilitu řešení, libovolnou volbu výškových pásem („rozpad“ jedné rovnice na více rovnic zvlášť pro každé pásmo), snadné možnosti subjektivního zásahu a propojení s dalšími podstatnými informacemi, které nelze v řešení opomíjet. Takovou informací je především velikost a tvar příčného profilu v místě vodočtu, eventuálně dalších charakteristických příčných profilů, které jsou součástí databáze, a je možno s nimi pracovat. Rychle a jednoduše tak lze měrnou křivku převést na rychlostní křivku profilu, ke kontrole rozmezí středních profilových rychlostí nebo naopak extrapolací středních profilových rychlostí získat extrapolovanou měrnou křivku průtoku.

U složených profilů lze celé řešení provádět po částech. Software pro konstrukci měrných křivek také obsahuje ve většině případů také hydraulický modul s jednoduchými výpočty Manningovy formy Chézyho rovnice. Po zadání podélného sklonu hladiny a součinitele drsnosti, tak lze provádět odhady průtoku v pásmech absence měření nebo obráceně - převádět již hotovou měrnou křivku na průběh součinitele drsnosti ve výškovém pásmu „channel control“ a ověřovat tak věrohodnost řešení. Všechny vyjmenované postupy jsou však jen pouhými nástroji v rukou zpracovatele. Kvalitu výsledného řešení určuje podstatný faktor, který se naprogramovat nedá. Tímto faktorem je vedle objektivních okolností (počet a rozsah hydrometrických měření, stabilita měrného profilu) především kvalita zpracovatele (znalosti a zkušenosti hydrologa) [7].

6.2.1.3 Extrapolace

Tradičně největším problémem jsou extrapolace horního konce měrných křivek, tedy do pásma rozlivů a vysokých povodňových stavů. V tomto pásmu bývá nejméně hydrometrických měření, což má řadu snadno pochopitelných příčin – nízkou frekvenci výskytu, krátké trvání, obtížnost až neproveditelnost hydrometrických měření, nedostupnost profilů a v neposlední řadě i ohrožení zdraví či života měřičů. Extrapolace proto jsou, a ještě dlouho budou, běžnou součástí práce „konstruktéra“ měrných křivek. Snaha o zkvalitnění extrapolací byla hlavním důvodem zavedení možnosti hydraulických výpočtů do podpůrného programového vybavení. Tyto výpočty jsou však zatím omezeny na jeden charakteristický příčný profil, představují spíše jakýsi dobře podložený odborný odhad, který je nutno dále zpřesňovat hydrometrickými měřeními nebo simulací matematickými modely proudění, které pracují v soustavě více příčných profilů. Tato praxe je v posledních letech běžná a uplatňuje se po výskytu všech velkých povodní (1997, 2002, 2006, 2009, 2010).

Není třeba zdůrazňovat, že chybná extrapolace způsobuje fatální důsledky v kvalitě napozorovaných průtokových řad a jejich dalším použití. Po výskytu srpnových povodní roku 2002 musela být v zasažených povodích přepracována návrhová data N -letých průtoků. Důvodem nebyl jen výskyt extrémní povodně, která byla na většině postižených stanic absolutně největší za dobu instrumentálního pozorování. V mnoha případech průchod povodňové vlny ozřejmil způsob protékání staničních lokalit v extrémních podmínkách. Pro řadu stanic pak byly na základě stop kulminační hladiny sestaveny matematické modely proudění, umožňující zpřesnit hodnoty kulminačních průtoků. Ty byly nezávisle stanoveny i extrapolacími metodami a vzájemně porovnány. Dlužno říci, že ve většině případů bylo dosaženo dobré shody, považujeme-li vzájemné odchylky v hodnotách kulminačních průtoků menší než 10 % za uspokojivé. Kromě toho se někde podařilo provést i přímá hydrometrická měření za extrémních stavů, jejichž výsledky byly do řešení samozřejmě zahrnuty. Celkový soulad průtokového vyhodnocení byl současně prověřován bilancováním průchodu povodňových vln soustavou stanic. Vedlejším efektem komplexu těchto prací byly nové extrapolace měrných křivek, které musely být v některých případech uplatněny i zpětně. V takových případech bylo pak nutné opravit i kulminace větších povodní v historických řadách. Na následné změně návrhových hodnot Q_N se tak podílely vedle výskytu extrému ještě opravy některých datových řad [7].

6.2.1.4 Krátkodobé časové změny MKP

Diskutabilním problémem je dynamická hystereze měrných křivek, všeobecně známý jev popsáný a teoreticky vysvětlený v odborné literatuře [5], nicméně praktických zkušeností dovedených do konkrétních číselných hodnot je u nás minimum. Dynamická hystereze je významná pouze při výskytu strmých povodňových vln. Bohužel jejich průchod vodoměrným profilem je většinou spojen se současně probíhající morfologickou změnou tvaru koryta a to i v případech stanic stabilizovaných dnovými prahy. I kdybychom měli kapacitu a technické možnosti provádět sérii hydrometrických měření na vzestupné i sestupné větvi vlny, výsledky budou vždy ovlivněny oběma jevy, které od sebe nelze prakticky oddělit. Pro teoretický odhad velikosti dynamické hystereze lze použít Jonesovu rovnici ve tvaru [7]:

$$Q_{\text{neust}}/Q_{\text{ust}} = (1 + 1/V_{\text{post}} \cdot 1/i \cdot dh/dt)^{1/2}$$

vyjadřující poměr velikosti neustáleného a ustáleného průtoku, kde „ V_{post} “ je postupová rychlost povodňové vlny, „ i “ je sklon ustálené hladiny a „ dh/dt “ je gradient časové změny vodního stavu. Kladné znaménko v závorce platí pro vzestupnou větev vlny, pro sestupnou je třeba jej změnit na záporné. Z rovnice lze odvodit dvě všeobecné zásady – čím větší strmost povodňové vlny (gradient změny stavu) a čím menší podélný sklon hladiny při ustáleném proudění, tím větší je vliv dynamické hystereze. Podle doporučení uvedených v literatuře [1] [3] má smysl zabývat se dynamickou hysterezí pouze u toků s malým podélným sklonem dna, jehož hodnota se blíží 1 promile nebo je menší. Druhým kritériem je potenciální velikost dynamické hystereze, která by měla být alespoň srovnatelná s pravděpodobnou chybou měření velkých průtoků. Doporučená spodní hranice je cca 8 – 10 procent, pokud vychází odhad menší, bude vliv hystereze promíchán s chybami měření a to i v podmínkách ideálně stabilního profilu.

Z hlediska kvality měrné křivky v oblasti povodňových průtoků může být na některých stanicích významným jevem i tzv. hystereze kinematická, která souvisí se vzájemnou výškovou polohou hladin nad a pod vodoměrným profilem. Na rozdíl od hystereze dynamické, kde je rozdíl podélného sklonu hladiny při neustáleném proudění způsoben pouze průchodem povodňové vlny, v případě kinematické hystereze je přídavný sklon hladiny způsoben velmi odlišným tvarem říčního koryta a přilehlého terénu nad a pod vodoměrným profilem.

6.2.1.5 Dlouhodobé časové změny MKP

Na rozdíl od hysterezních jevů lze měřeními zpětně prokázat morfologické změny říčního koryta. Změna tvaru a velikosti průtočného průřezu je nejčastější příčinou změn měrných křivek. Periodické střídání erozivních a sedimentačních procesů je přirozeným projevem pohybu vody v krajině. Není-li možno přebudovat měřené úseky toků v betonová koryta, je třeba předpokládat, že s obdobnou periodicitou je nutné měnit i měrné křivky. Zatímco však přírodní proces tvarování koryta probíhá spontánně v závislosti na unášecí schopnosti říčního proudu, tvorba a korekce měrných křivek je činnost antropogenní, reagující na změny s nevyhnutelným menším či větším zpožděním. Pro opravu měrné křivky je zpravidla potřeba alespoň dvou nebo raději více hydrometrických měření za různých vodních stavů, jejichž získání trvá určitou dobu (cca několik

měsíců). Pokud je změna profilu náhlá (průchod vlny), lze alespoň zhruba určit její časovou polohu a novou měrnou křivku uvést do života se zpětnou platností. Pokud však změna probíhá pozvolna nebo její časovou polohu nelze přesněji určit, nutně vznikají v určitém období na konci platnosti staré křivky difference vyčíslených průtoků od průtoků reálných. U pozvolna probíhajících změn říčních koryt se tomuto jevu ani při nejlepší vůli nelze vyhnout, neboť měrnou křivku měníme skokově. Metoda pozvolné změny měrné křivky zatím nebyla vynalezena. Určitou redukci tohoto nepříjemného problému přináší výstavba stabilizačních prahů v měrných profilech. Ale ani dobře navržený a fungující práh nemůže daný jev zcela odstranit, protože průtočnou kapacitu ovlivňuje kromě prahu ještě určitý úsek přirozeného koryta pod profilem.

6.2.1.6 Shrnutí

Shoda mezi skutečností a časovou řadou průtoků, vyhodnocených prostřednictvím měrných křivek, je proto vždy částečně snížena vlivem souhrnu výše popsanych jevů, jejichž výčet ani není úplný. I dobře zkonstruovaná měrná křivka v tradiční podobě je určitou schematizací časově proměnného vztahu, vodní stav – průtok, s hypoteticky středními hodnotami u krátkodobých hysterezních změn a skokovou reakcí na změny pozvolnější. Přílišná prodleva těchto skokových změn pak může být příčinou zkreslení výsledné průtokové řady. Při formulování závěrů statistických zpracování časových řad je proto potřeba mít tuto okolnost na paměti a porovnat citlivost či zranitelnost výsledků s velikostí možných chyb souvisejících s měrnou křivkou [8].

Největší slabinou tradičního přístupu jsou časové prodlevy mezi jednotlivými hydrometrickými měřeními a nedostatečné pokrytí amplitudy kolísání vodního stavu. Odpovědí by tedy mohlo být kontinuální měření rychlosti např. ultrazvukovými průtokoměry. Poslední generace těchto přístrojů disponuje velkou přesností i spolehlivostí. Problémem však bude sledování změn průtočného průřezu a měření za povodňových stavů (nutnost instalace více horizontálních paprsků). Technicky by se zřejmě i tyto potíže daly vyřešit, zůstává však problém složité instalace a zejména pořizovacích nákladů.

7 REÁLNÉ NASAZENÍ NAVRHOVANÉ ARCHITEKTURY

Nasazení navrhované architektury je v rámci této kapitoly prezentováno na příkladu nejrozsáhlejšího hydrologického distribuovaného monitorovacího systému v ČR. Konkrétně se jedná o systém VHD (Vodohospodářský dispečink), využívaný státním podnikem Povodí Vltavy.

7.1 Profil státního podniku Povodí Vltavy

Na území o celkové rozloze 28 708 km² spravuje Povodí Vltavy, státní podnik (PVL) více než 23 000 km vodních toků v hydrologickém povodí řeky Vltavy a v dalších vymezených hydrologických povodích, z toho je 4 761 km významných vodních toků, více než 11 700 km určených drobných vodních toků a další drobné vodní toky. Dále má právo hospodařit se 106 vodními nádržemi, z toho je 31 významných vodních nádrží, 18 plavebními komorami na Vltavské vodní cestě, 47 pohyblivými a 300 pevnými jezy a 18 malými vodními elektrárnami.

Základním posláním státního podniku je:

- výkon funkce správce povodí, správce významných, určených a dalších drobných vodních toků, provoz a údržba vodních děl ve vlastnictví státu, k nimž má právo hospodařit,
- výkon dalších práv, povinností a svěřených činností,
- výkon práva hospodařit s nemovitým a movitým určeným majetkem ve vlastnictví státu,
- nakládání s vodami na vodních dílech, ke kterým má právo hospodařit podle podmínek stanových vodoprávními úřady,
- zajištění vyjadřovací činnosti k záměrům investorů a vlastníků nemovitostí v povodí,
- zabezpečení ochrany před povodněmi spadající do povinností správce vodních toků, správce povodí a vlastníka vodních děl,
- zajišťování odborné pomoci vodoprávními úřadům při rozhodovací činnosti,
- pořizování plánů dílčích povodí Horní Vltavy, Berounky, Dolní Vltavy a ostatních přítoků Dunaje,
- zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod, včetně zajišťování provozního monitoringu jakosti povrchových vod,
- vytváření podmínek pro racionální, šetrné a ekologicky únosné využívání povrchových a podzemních vod a vodních toků.

Povodí Vltavy, státní podnik, poskytuje aktuální informace o:

- vodních stavech a průtocích,
- povodňových stavech,
- jakosti povrchové vody,

- vodních dílech a mimořádných manipulacích,
- plánování v oblasti vod.

7.2 Rámcový/obecný popis systému VHD

Klíčový význam vodohospodářského dispečinku je zřejmý zejména během akutních krizí, jako jsou povodně. Pro řešení nebo ještě lépe předcházení vyhozeným stavům je však nutné mít správné informace, nástroje pro jejich analýzu i zkušenosti z minulých období.

Systém VHD monitoruje stav na vodních tocích a vodních dílech nejen pro účely krizových situací, ale umožňuje vytvářet odhady dalšího vývoje a tím podporuje strategická rozhodnutí v oblasti rozvoje vodohospodářství a protipovodňových opatření. Systém zároveň poskytuje potřebná data dalším subjektům, které jsou stavem na vodních tocích ovlivněny.

7.2.1 Zdroje informací

Základem jsou data z měřících stanic vodohospodářského podniku nebo jeho partnerů, jako jsou místní samosprávy, meteorologové a další instituce. Velmi důležité je zajištění spolehlivého komunikačního kanálu pro transfer dat zaznamenaných v terénu do centrální databáze. Takové úlohy vyžadují systém navržený tak, aby bylo možné využít výhod nových technologií, například moderních protokolů pro datové přenosy v mobilních sítích, ale zároveň si musí poradit s omezenými možnostmi dříve nasazených měřících stanic, které poskytují data prostřednictvím vytáčeného spojení nebo FTP.

Kromě parametrických dat získávaných pomocí měřících čidel jsou zaznamenávány také důležité podpůrné informace, jako jsou snímky, popřípadě video-sekvence z monitorovacích kamer nebo audio záznamy pracovních telefonických hovorů vodohospodářských dispečerů.

7.2.2 Zpracování a archivace dat

Centrální databázový systém zajišťuje zpracování informací z jednotlivých zdrojů. Po přijetí dat následuje jejich kontrola a výpočet odvozených hodnot z primárních dat, optimalizace pro další analytické či prezentační nástroje a jejich archivace.

Součástí systému VHD je rovněž serverový modul GIS, který umožňuje promítnout situaci v povodí přímo do mapy.

Také obrazové a hlasové záznamy jsou opatřeny metadaty pro automatické zpracování a archivovány v databázi.

Velmi důležitou roli hraje v systému VHD monitorovací systém využívající technologii CitectSCADA. Jeho dohledový modul kontroluje stav technických prostředků celého systému, trendový modul predikuje na základě aktuální situace a historických dat další vývoj a alarmní modul signalizuje neobvyklý stav prostřednictvím klientské aplikace, e-mailu nebo SMS zpráv.

Protože serverová část je pro fungování systému VHD klíčová, aplikační servery běží v režimu horké zálohy. Provoz systému tak není ohrožen ani při náhlé poruše jednoho ze serverů.

7.2.3 Poskytování informací

Mezi nejdůležitější nástroje pracovníka dispečinku patří klientská aplikace CitectSCADA, klientský modul GIS a klientské prostředí pro zobrazení meteorologických informací (ECMWF). CitectSCADA software nabízí velmi silné nástroje pro analýzu získaných informací. Jedná se například o trendové modely, které varují vodohospodáře o možném nebezpečí ještě před vlastním vznikem kritické situace. GIS modul umožňuje komplexní pohled na situaci v daném povodí nebo jeho části promítnutím dat do mapy. Protože zásadní vliv na vývoj situace ve vodním hospodářství má počasí, dispečer má k dispozici také informace se systému ECMWF.

Dispečer má rovněž prostředky pro práci s historickými daty, pro poslech záznamů z telefonické komunikace nebo pro pohled na aktuální stav v terénu prostřednictvím kamerového systému.

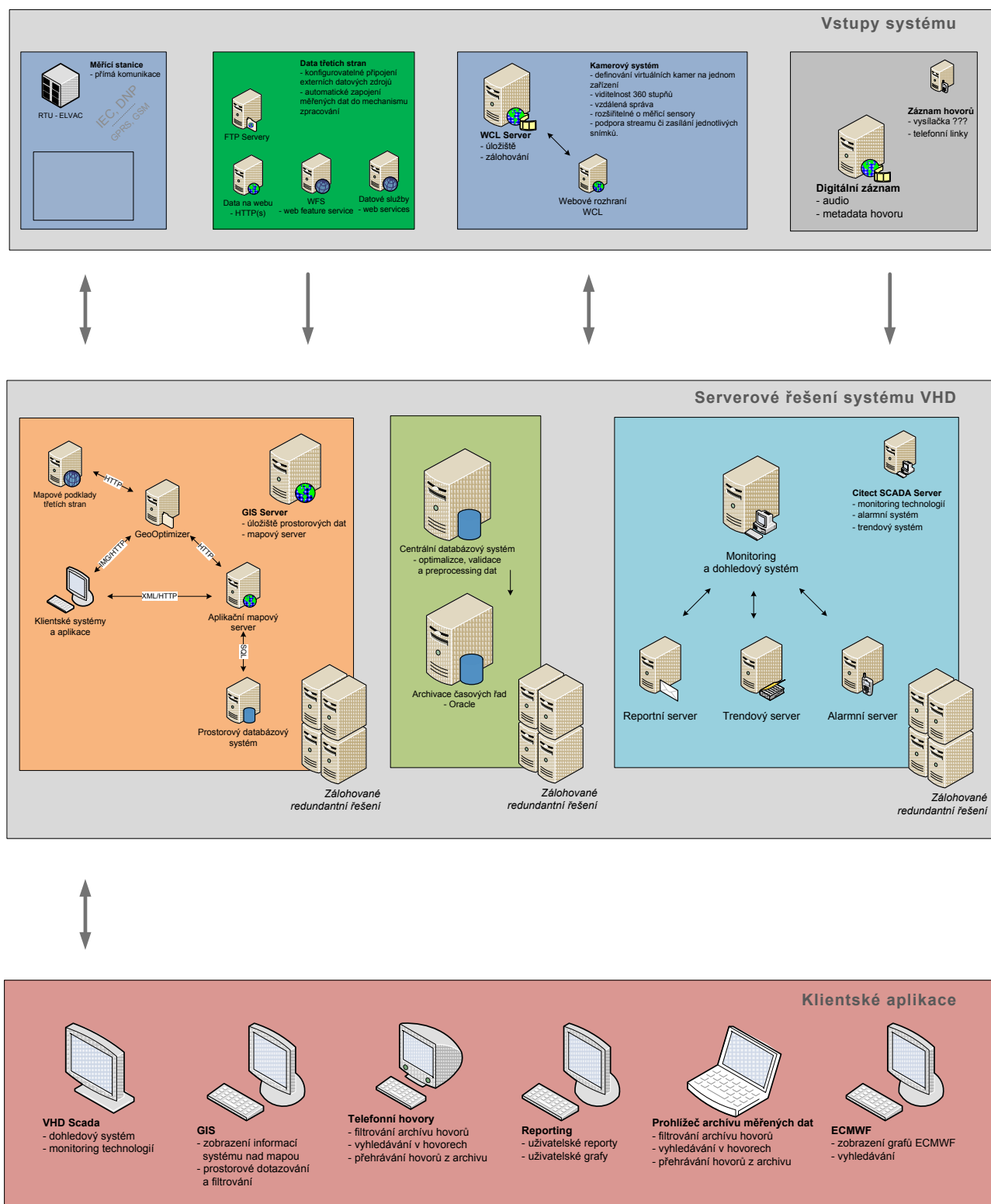
Typické pracoviště dispečera je přizpůsobeno využívání komplexní sady nástrojů tak, že je vybaveno pracovní stanicí se dvěma monitory. Zároveň je na dohledovém sále využíváno velkoplošné zobrazení, které poskytuje celkový pohled na monitorované území i při zachování detailních informací o aktuálním stavu jednotlivých lokalit.

Protože informace o hydrologické situaci jsou důležité i pro další oblasti, systém VHD umožňuje poskytování informací i třetím stranám. Základní výstupy v podobě webového rozhraní jsou k dispozici pro veřejnost, speciální webové rozhraní a specifické exportní datové formáty využívají partnerské organizace z oblasti energetiky, lodní dopravy, zemědělství, státní správy nebo místní samosprávy apod.

7.2.4 Komponenty z hlediska rámců zapojení

Na jednotlivé komponenty, ze kterých systém sestává, je možné nahlížet také z hlediska rámce jejich zapojení do provozu. Tedy jedná-li se o komponenty provozované v oblasti:

- sběru a vstupu dat,
- zpracování, publikování a dohledu,
- klientských aplikací a uživatelských rozhraní.



Obrázek 31 Komponenty systému z hlediska rámce jejich zapojení do provozu

Významné prvky prvních dvou kategorií jsou podrobně rozebrány v následujících kapitolách. Klientské aplikace jsou vzhledem ke svému velkému rozsahu ale nízkého přínosu pro publikaci z hlediska vědeckého či výzkumného z podrobnějšího popisu vynechány. Představu o jejich funkčnosti je však možné získat ve snímcích aplikací, jež jsou přílohou této práce.

7.3 Přehled datových toků VHD

Sběr dat či jejich vzájemná výměna s dalšími systémy a je přehledově shrnuta v tabulce popisující komunikující strany, směr přenosu a jeho obsah (viz Tabulka 3 Úplný přehled komunikací). Jsou zde také definovány záložní komunikační postupy v případě, že tyto možnosti jsou k dispozici.

Tabulka 3 Úplný přehled komunikací

Legenda: primární trasa
 záložní trasa
 zpráva o překročení mezi

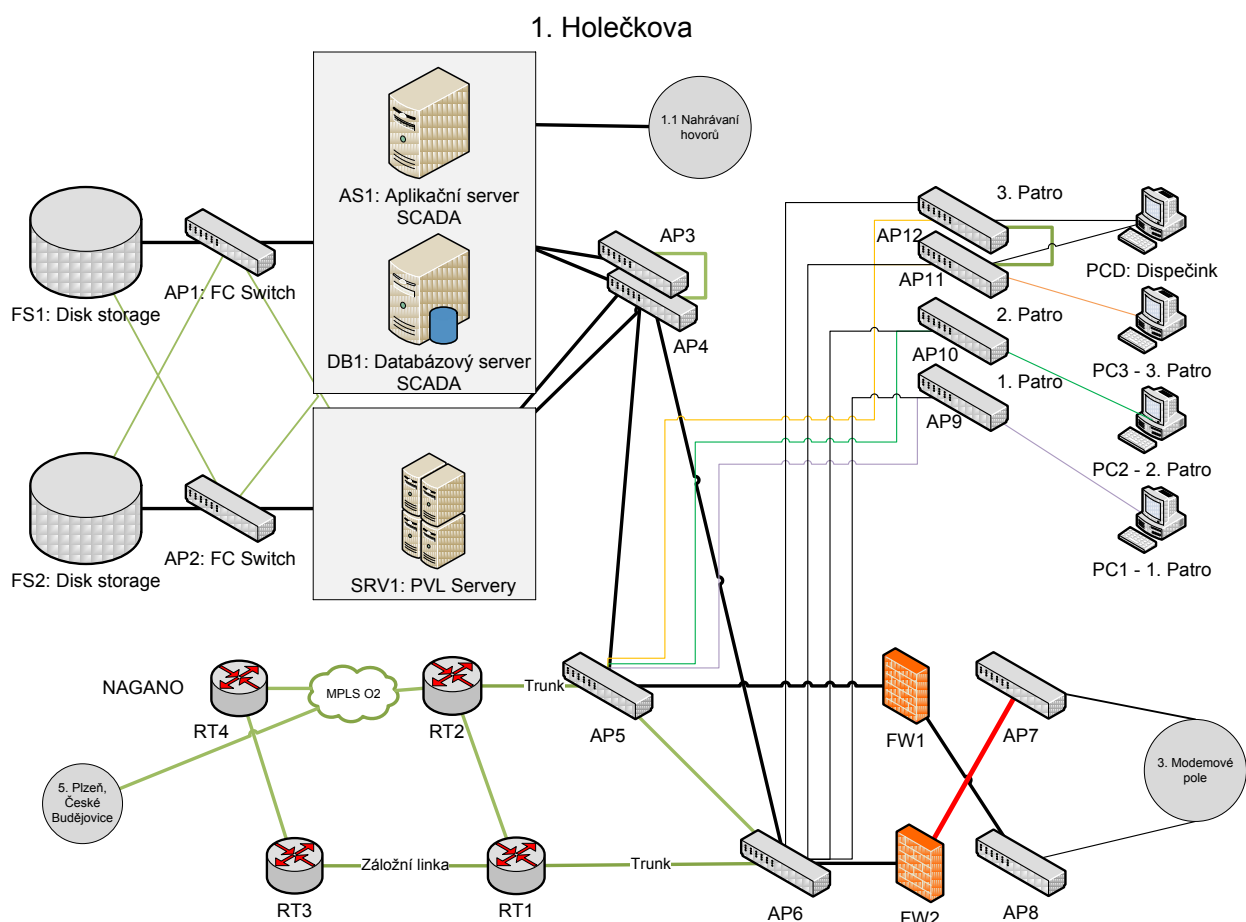
Strana A					Transportní médium	Strana B				Směr / data
Označení	Počet	Komunikační zařízení	Operátor	APN		Označení	Komunikační zařízení	Operátor	APN	
Stanice Fiedler-Mágr	28	GSM / GPRS modem	O2	veřejné, dynamické IP	GPRS	Aplikační server	Ethernet (APN)	O2	PVL	A>B / naměřené hodnoty
		GSM / GPRS modem	O2		GSM - CSD		GSM / GPRS modem	O2		alarm
	3	GSM / GPRS modem	O2		SMS		Ethernet (SMS centrum)	O2		
		GSM / GPRS modem	T-Mobile	veřejné, dynamické IP	GPRS	Aplikační server	GSM / GPRS modem	T-Mobile	veřejné, statické IP	A>B / naměřené hodnoty
Stanice LEC 3000	28	GSM / GPRS modem	O2	veřejné, dynamické IP	GPRS	Aplikační server	GSM / GPRS modem	O2	PVL	A>B / naměřené hodnoty
		GSM / GPRS modem	O2		GSM - CSD		GSM / GPRS modem	O2		alarm
		GSM / GPRS modem	O2		SMS		Ethernet (SMS centrum)	O2		
	15	GSM modem	O2		GSM - CSD	Aplikační server	GSM / GPRS modem	O2		A>B / naměřené hodnoty
		GSM / GPRS modem	T-Mobile	veřejné, dynamické IP	GPRS	Aplikační server	GSM / GPRS modem	T-Mobile	veřejné, statické IP	A>B / naměřené hodnoty
	6	GSM / GPRS modem	T-Mobile		GSM - CSD		GSM / GPRS modem	T-Mobile		alarm
		GSM / GPRS modem	T-Mobile		SMS		GSM / GPRS modem	T-Mobile		
		GSM / GPRS modem	T-Mobile				GSM / GPRS modem	T-Mobile		
Monitoring vodních děl SATEC	4	GSM modem	O2		GSM - CSD	Aplikační server	GSM / GPRS modem	O2		A>B / naměřené hodnoty
		GSM	O2		SMS		Ethernet (SMS centrum)	O2		alarm
	4	PSTN modem			PSTN	Aplikační server	PSTN modem			A>B / naměřené hodnoty
		GSM	O2		SMS		Ethernet (SMS centrum)	O2		alarm
ČEZ (Vltavská kaskáda)	1	Leased line modem			Pronajatá linka	Aplikační server	Leased line modem			A>B / naměřené hodnoty, B>A / poskytované hodnoty
Server ČHMÚ	1	Internet access			Internet	FTP server PVL (NAGANO)	Internet access			A>B / naměřené hodnoty stanic ČHMÚ, meteo data (bulletiny s předpověďmi počasí + obrázky radarových snímků), B>A / naměřené hodnoty stanic PVL
Server Fiedler-Mágr	1	Internet access			Internet	FTP server PVL (NAGANO)	Internet access			A>B / naměřené hodnoty stanic dalších subjektů
Server LEC	1	Internet access			Internet	FTP server PVL	Internet access			A>B / naměřené hodnoty stanic dalších subjektů
Server jez Černošice	1	Internet access			Internet	FTP server PVL (NAGANO)	Internet access			A>B / naměřené hodnoty jedné stanice (textový soubor)
Souborový vstup	1					Aplikační server	Disk			Import dat na vyžádání (hodnoty vyčtené přímým spojením NB se stanic)
Interní										
GIS server PVL	1	Ethernet			LAN / WAN	Aplikační server	Ethernet			A>B / geografická data
FTP server PVL (NAGANO)	1	Ethernet			LAN / WAN	Aplikační server	Ethernet			A>B / naměřené hodnoty, meteo data, B>A / naměřené hodnoty stanic PVL
WWW server PVL (NAGANO)	1	Ethernet			LAN / WAN	Aplikační server	Ethernet			B>A / data exportovaná pro web
WAP server PVL (NAGANO)	1	Ethernet			LAN / WAN	Aplikační server	Ethernet			B>A / data exportovaná pro web

Schéma (viz Obrázek 32 Schéma datových toků systému VHD) znázorňuje jednotlivé významné komunikační uzly dispečerského systému. Jednak jsou zde symbolicky naznačeny dvě technicky zastupitelná centra v prostorách PVL v Holečkově ulici a hostingové centrum Nagano společnosti O2. Tyto uzly jsou navzájem propojeny dvojicí komunikačních cest, kdy pro zajištění maximální dostupnosti spojení je každá linka vedena jinou trasou a prostřednictvím jiného média. Na centra „Holečkova“ a „Nagano“ se pak napojují všechny datové zdroje a klienti systému. Celá

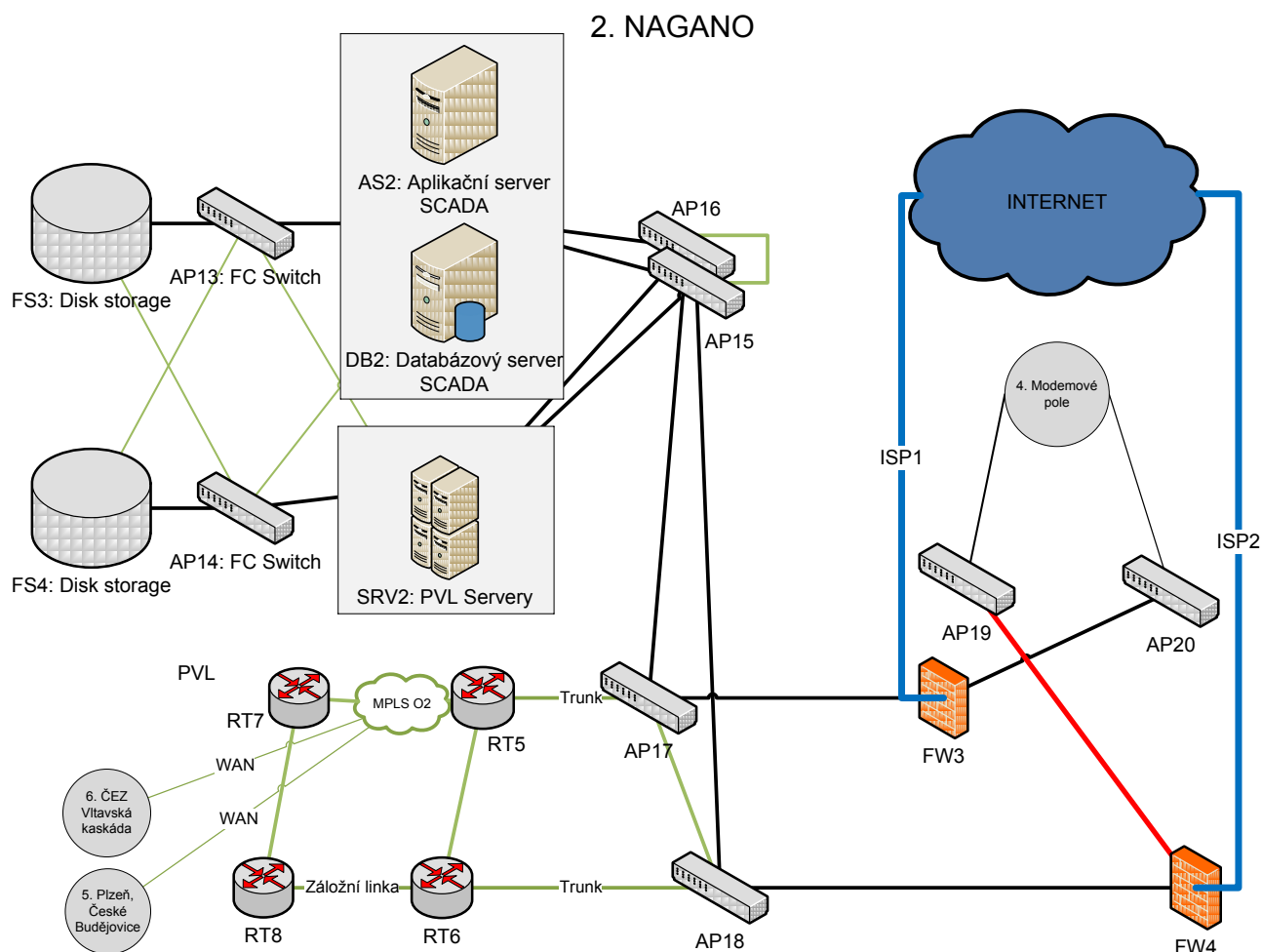
Stanice v síti T-Mobile vždy komunikují prostřednictvím modemů, tj. jak příjem SMS zpráv, tak GPRS i vytáčená CSD komunikace využije některý z modemů osazený v modemových polích obou lokalit. Vzhledem k malému počtu takto obsluhovaných stanic a zajištění vzájemné zastupitelnosti lokalit jsou zde využity duální SIM karty (vždy dvojice SIM karet s jedním telefonním číslem), kdy aktivní je pouze modem na jedné z lokalit, a modem s druhou kartou z páru umístěný na druhé lokalitě je vypnutý – zapíná se pouze v případě výpadku prvního či za definovaných podmínek při rozpadu spojení mezi centry. Takto je zajištěno jak směrování paketů v GPRS síti na jedinou IP adresu, tak příjem SMS a volání na jednom definovaném telefonním čísle, vždy k modemům napojeným na aktuálně primární aplikační server.

Komunikace přes kabelovou veřejnou telefonní síť (PSTN) se týká pouze několika málo bodů, takže v každém centru je umístěn jediný modem dostupný po síti oběma aplikačním serverům.

S výjimkou linky pro komunikaci se systémem ČEZu na Vltavské kaskádě již jsou všechny ostatní datové přenosy realizovány přímo prostřednictvím LAN/WAN a Internetu. Komunikace na Vltavskou kaskádu prochází přes WAN na objekt vodního díla Štěchovice, kde je umístěn modem propojený lokálním kabelovým spojením se systémem ČEZu.



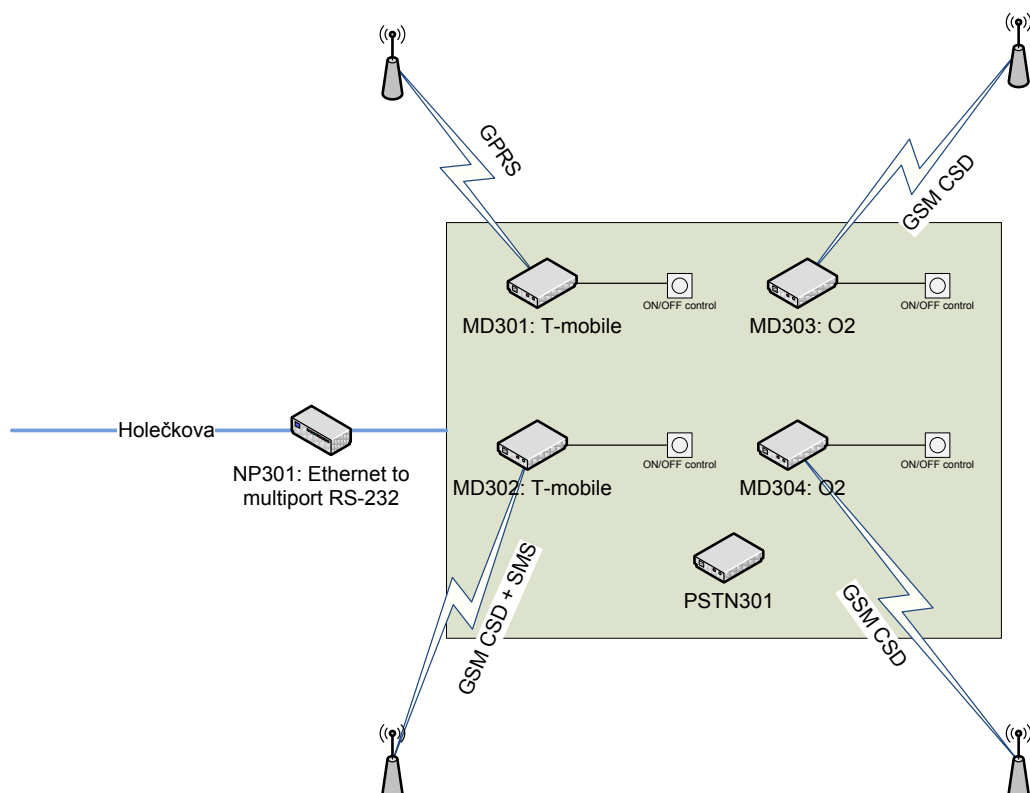
Obrázek 33 Schéma zapojení primární instance systému VHD



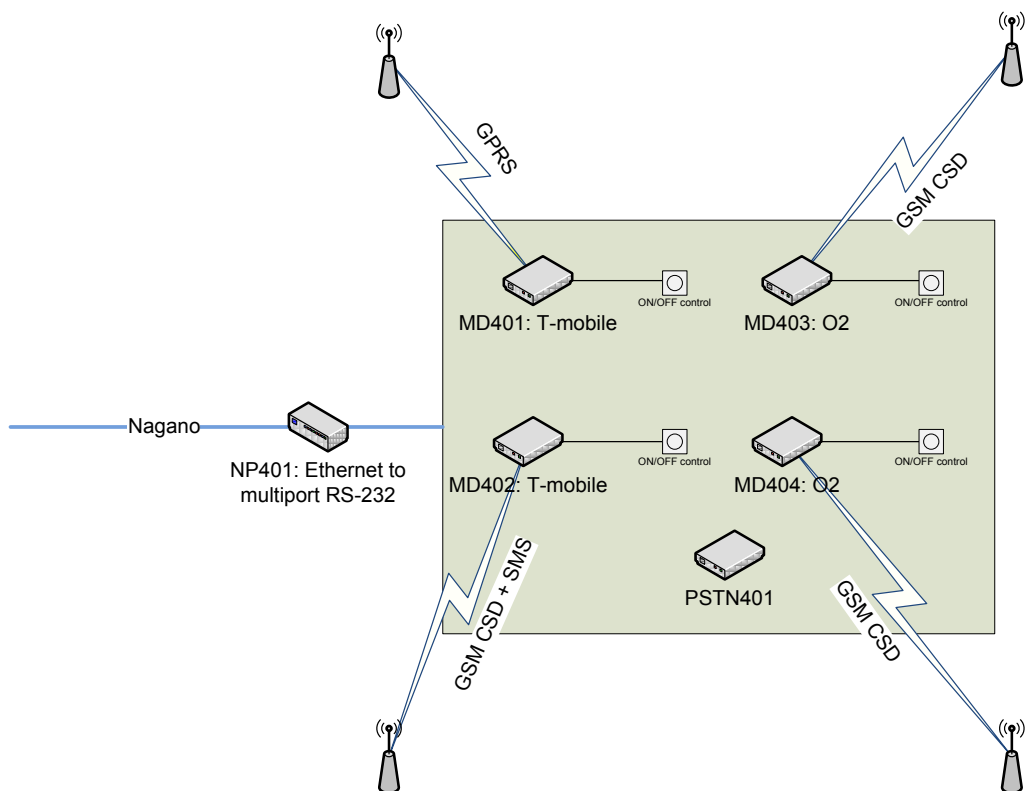
Obrázek 34 Schéma zapojení sekundární instance systému VHD

Technické řešení modemových polí je na obou lokalitách shodné. S ohledem na zajištění trvalého bezobslužného provozu GSM modemů a zároveň pro zabezpečení správné funkce modemů s duálními SIM T-Mobile jsou všechny GSM modemy vybaveny zařízením pro vzdálené vypínání s automatickým ovládáním z aplikačního serveru.

V obou centrech je umístěn převodník Ethernet/RS-232 vybavený dvěma Ethernetovými porty pro redundantní napojení do LAN a osmi RS-232 porty pro napojení na modemy. Sestava modemů, zařízení pro ovládání jejich napájení i převodník na Ethernet je umístěna do 19“ racku.



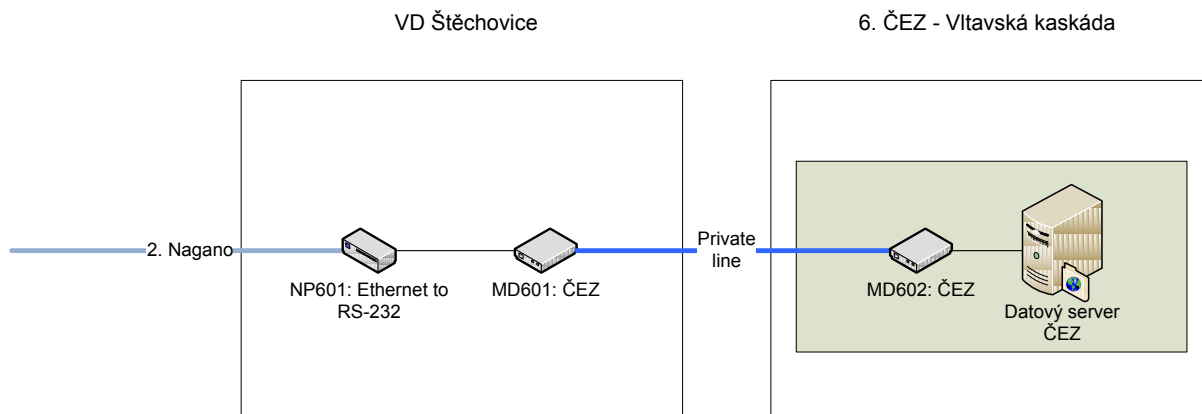
Obrázek 35 Schéma zapojení primárního modemového pole



Obrázek 36 Schéma zapojení sekundárního modemového pole

Regionální dispečinky v Plzni a Českých Budějovicích jsou napojeny prostřednictvím WAN PVL. Pro práci v terénu jsou dispečerů vybaveni notebooky s mobilním datovým připojením (GPRS/EDGE/UMTS/CDMA) s možností napojení do VPN PVL přes Internet, alternativně pak přímo do APN PVL.

Na straně ČEZu probíhá komunikace s datovým serverem SCADA systému, kde dochází k oboustranné výměně dat. Modemy na lince jsou trvale spojeny.



Obrázek 37 Schéma spojení s energetickými systémy společnosti ČEZ

7.3.1 Definice komunikačních protokolů, formáty dat

Stávající dispečink využívá pro vstup dat z měřicích stanic automatický import proceduru rozdělenou do dvou kroků. Prvním krokem je přenos dat ve formě souborů z jednotlivých stanic. Toto obstarávají „moduly pro získávání dat“, pro každý typ stanice jiný. V druhém kroku jsou přenášena data zapsána do databáze, pomocí „modulu pro zpracování dat“, které se opět liší podle daného formátu.

Tabulka 4 Popis datových formátů měření

Data	Soubor	Popis
ČEZ – Vltavská kaskáda	ddd.DAT	Získávání a zpracování dat zajišťuje samostatné PC se systémem TIRS32, na kterém je příslušný SW konektor. Soubor obsahuje agregované hodnoty z on-line dat s intervalem 10 minut.
Měřicí stanice LEC3000	20071128.dat	Stanice si lokálně ukládá data na kartu. „Získávač“ daný soubor pomocí rychlého komprimovaného protokolu přenese, poté je přejmenován do pracovního názvu a dále zpracován. <i>Pozn. Toto je hlavní formát stanic LEC pro všechny typy komunikací.</i>
Měřicí stanice Fiedler-Mágr (manuální kopírování dat z webu)	Předmíř-Lomnice_200711.csv	Data ručně stahovaná z webové stránky Fiedler-Mágr, v běžném provozu se nepoužije, ale musí být podporován (lze využít též pro manuální vstup jiných dat).

Měřicí stanice Fiedler-Mágr (automatický přenos přes FTP)	vltava121812.txt	Data sbíraná na serveru výrobce stanic následně přenesená na FTP server PVL.
Měřicí stanice Fiedler-Mágr (textový formát)	FM1104.DAT	Při přímém spojení se stanicemi jsou data čtena v binárním formátu, který je následně převeden do této textové podoby.
Monitoring SATEC	MARI.VDR2	Přenos z monitoringu vodních děl.

Dalším zdrojem informací jsou meteorologická data dodávaná ČHMÚ.

Tabulka 5 Popis datových formátů meteo

Data	Soubor
2denní předpověď počasí	FPCZ52_OPIN-2007112905004.txt
3denní předpověď počasí	FPCZ50_OPIN-200711291144.txt
ALADIN	FXCZ52_OKOI-200711290544.txt
HYDROSTART	SXCZ69_OPIN-200711291424.txt
meteogram	pacz23ext.bufr.20070301.1020.0.png
radar	0602070700.gif
radar PNG	pacz23ext.bufr.20060207.0640.0.png
tabulka srážek	FPCZ65_OKPR-200711291024.txt

Systém exportuje důležitá data pro další zpracování a tvorbu zpráv.

Tabulka 6 Popis exportních datových formátů

Data	Soubor	Popis
Obecný export	INADRZE.DAT	Obecný exportní formát z databáze VHD, který používá PVL (používá se též jako zdroj dat pro generování povodňové zprávy, WWW a WAP server).
MS Excel	Přímo do aplikace (musí být na PC nainstalována)	Export vybrané datové řady, posloupnosti ze zobrazeného grafu či jednotlivých hodnot, buďto obecně do tabulky nebo do konkrétních buněk šablony.
Bitmapa z grafu	*.bmp, *.jpg	Export zobrazeného grafu do bitmapového souboru.
Tisk grafů, datových řad	Na tiskárnu	Tisk zobrazených grafů a tabulek.

Dispečerský systém VHD je schopen získávat a zpracovávat data ze všech datových zdrojů shrnutých v předchozích kapitolách bez nutnosti zásahů do jejich funkce, lze však realizovat

opodstatněné změny konfigurace vedoucí ke zvýšení efektivity či spolehlivosti komunikace, pokud to daný zdroj dat podporuje. Použitý mechanismus je otevřený s možností budoucího rozšíření o další komunikační protokoly a kanály. Stejně tak existuje možnost dalšího rozšiřování podporovaných exportních formátů.

7.4 Poskytovatelé datových přenosů

V dispečerském systému se využívá přenosových cest společností Telefonica O2 a T-Mobile, případně pak pronajatých linek zastřešených IT oddělením PVL.

Vzhledem k navržené architektuře a počtům jednotlivých stanic je bezdrátové spojení se stanicemi pracujícími v síti O2 řešeno primárně privátním přístupovým bodem GPRS (APN). Vzdálené stanice pracují s dynamicky přidělovanými IP adresami, data končí na aplikačním serveru s pevnou IP adresou. Pro příjem a posílání SMS zpráv je použita služba O2 SMS Connector.

Stanice komunikující v síti T-Mobile využijí veřejný přístupový bod GPRS (APN). Vzdálené stanice pracují s dynamicky přidělovanými IP adresami, protějškem je GSM/GPRS modem se SIM kartou s přiřazenou pevnou IP adresou. SMS komunikace probíhá ve spojení „modem-modem“ v síti T-Mobile. SIM karty T-Mobile jsou duální (dvě SIM s jedním číslem), osazené vždy ve dvou modemech, z nichž záložní je vypnutý.

Vytáčené spojení je řešeno vždy párem „modem-modem“, kdy oba komunikující modemy pracují v síti stejného operátora.

7.5 Zabezpečení systému

7.5.1 Fyzická bezpečnost dispečinku

Servery a modemy dispečerského systému na PVL jsou umístěny v samostatné uzamknuté místnosti, do které mají přístup jen pověřené osoby. Místnost je chráněna elektronickým zabezpečovacím systémem. Zařízení umístěná v hostingovém centru NAGANO jsou chráněna prostředky jeho provozovatele.

Zvýšené zabezpečení samotných prostor dispečinku nebylo v první fázi realizováno, avšak počítá se s monitorováním vstupu kamerovým systémem se záznamem a doplněním dveří o přístupový systém s identifikací zaměstnanců a evidencí průchodů (RFID karty).

7.5.2 Zabezpečení dispečerského systému a dat

Přihlášení na pracovní stanice a přístup jednotlivých dispečerů do systému je řešen pomocí kontaktních čipových karet kombinovaných s RFID (pro přístupový systém). Toto opatření se týká stanic s plným přístupem do systému s možností potvrzování alarmů, zásahu do dat či změny nastavení. Stanice a uživatelé s právem běžného prohlížení veřejných údajů přes webový prohlížeč nejsou nijak ověřovány, pouze přístup k intranetové části webové aplikace je chráněn

na úrovni zabezpečení domény systému Windows (interní přístup) či jménem a heslem (externí přístup).

Data uložená v databázi jsou chráněna běžnými přístupovými mechanismy dostupnými pro zvolenou databázovou platformu.

7.5.3 Zabezpečení napájení

Servery systému a síťové prvky jsou zálohovány UPS (zajistí PVL). Servery musí být vybaveny dvěma síťovými přírady. Dispečerské stanice jsou také zálohovány pomocí UPS (zajistí PVL). Celá síť je pak zabezpečena podnikovým dieselagregátem PVL.

7.6 Diseminace

Výsledné řešení bylo prezentováno na veletrhu WATENVI 2011, který proběhl 24. – 26. 5. 2011 v prostorách brněnského výstaviště. Mezinárodní vodohospodářský a ekologický veletrh WATENVI patří k největším veletrhům ve střední a východní Evropě zaměřeným na vodní hospodářství, nakládání s odpady a ochranu všech složek životního prostředí.



Obrázek 38 Prezentace výsledků práce na veletrhu WATENVI 2011

8 ZÁVĚR

Předložená práce je zaměřena na problematiku využití moderních komunikačních technologií, архитектур a standardů jak v oblasti správy a operativního řízení vodních děl a povodí jako celků, tak pro komunikaci a výměnu dat mezi jednotlivými organizacemi zabývajícími se správou vodních zdrojů a hydrologií obecně. Cílem této práce bylo definovat koncepci vhodných архитектур a technologií v dané oblasti a navrhnout a prakticky prověřit jejich principy, které by pak zásadně ovlivnily úroveň geograficky orientovaných informačních systémů v oblasti hydrologie a přispěly tak ke zdokonalení nástroje každodenní činnosti pracovníků povodí, dispečerů a dalších navazujících profesí.

Technologie webových služeb v kombinaci se servisně orientovanými архитектурami poskytují ideální komunikační prostředek k provazování rozsáhlých organizačních kontextů. Zajišťují naprostou transparentnost současně s nezbytnou úrovní zabezpečení přenášených dat a informací. Jejich hlavní přínos pak spočívá ve schopnosti dokonale reflektovat byznys procesy napříč všemi zainteresovanými organizacemi. Za dobu několika let prošly tyto technologie postupně vývojem, umožňujícím dnes jejich využití i pro tak kritické aplikace jakými jsou systémy pro správu a řízení vodních děl a povodí. Jejich úspěšná praktická aplikace je však v této, z mnoha důvodů komplikované oblasti, podmíněna zejména výběrem vhodné techniky, komunikačních protokolů, návrhem organizačních procesů, tvorbou specializovaného programového vybavení a uváženou koncepcí celého systému.

Obecná potřeba začlenění moderních komunikačních technologií do procesu zvládání mimořádných událostí v hydrologii, souvisí také s restrukturalizací jednotlivých podniků povodí.

Jednou z aktuálních hnacích sil je například transformace Zemědělské a vodohospodářské správy ke které došlo k 1. 1. 2011. Tím došlo k převedení správy většiny drobných vodních toků a vyčleněného majetku na závody povodí.

Tím došlo, a v budoucnu bude dále docházet, k výraznému navyšování množství spravovaných měřicích bodů telemetrické sítě povodí, a tím zásadnímu nárůstu množství získávaných, přenášených a zpracovávaných dat. Mimo to není zcela nereálným scénářem budoucího vývoje, převedení veškerých měřicích stanic digitálního povodňového plánu pod správu povodí. Stejně tak může dojít k převedení i měřicích stanic měst a obcí.

Paralelně s tímto procesem sice dochází k průběžnému vývoji a zdokonalování jak na straně měřicích techniky tak technologií a metodik zpracování a vyhodnocování dat. Tyto technologie pak na straně správy povodí a vodohospodářských organizací kladou čím dál vyšší nároky na kvalitu, rychlost zpracování a přesnost měřených dat.

Navrhovaná koncepce řešení byla v průběhu řešení dizertační práce implementována nejprve v podobě prototypu. V rámci zátěžových testů bylo již tehdy, tedy v úvodní fázi implementace (2009), dosahováno ve 24 hodinovém průměru 54 násobného navýšení rychlosti komunikace a zpracování. Doba zpracování datové jednotky byla vyhodnocována od pořízení měřené veličiny, přenosu až po zpracování a uložení do centrální databáze. Publikování nebylo zahrnuto z důvodu nekompatibility publikačních modulů tehdejších systémů s prototypem. Prezentaci prototypu

v laboratorních podmínkách následovalo uzavření kontraktu na implementaci koncepce, která je výstupem této práce. Tento projekt byl řešen v rámci smlouvy č. 200910032, kde objednatelem bylo Povodí Vltavy, státní podnik, zhotovitelem pak společnost ELVAC SOLUTIONS s.r.o., tedy zaměstnavatel autora této práce.

Využití částečného nebo plného potenciálu webových technologií a servisně orientovaných architektur může do budoucna zásadním způsobem zjednodušit implementace nových služeb a aplikací nad korektně a koncepčně správně budovanou architekturou. Zdánlivě vysoká investice na straně vodohospodářů a ostatních, v hydrologii zainteresovaných, organizací by přinesla významný pokrok jak co do úrovně poskytovaných služeb a možností dalšího rozvoje, tak – a to zejména, v úrovni vzájemné spolupráce těchto organizací samotných. Technologie webových služeb svou povahou a funkcí průběžně vytvářejí mnoho nových, dosud nevyužívaných informací, které jsou po zpracování, generalizaci a kombinaci s jinými zdroji dat v téměř reálném čase využitelné pro strategické a operativní řízení jak na úrovni dispečinků a jednotlivých závodů povodí, tak současně organizacemi, využívajícími ke svojí každodenní činnosti data a informace z oblasti hydrologie.

Na počátku předložené práce je provedena rešerše existujících projektů a prací včetně řešení nasazeného v rámci Anglie, Walesu a Skotska, tedy na národní úrovni. Současně je rozebírána legislativa České republiky vztahující se k problematice operativní hydrologie. Následuje kritický rozbor stávajících řešení v oblasti hydrologicky orientovaných systémů zaměřený na segment sběru, přenosu, zpracování, archivace a publikování informací a dat, která slouží jako výchozí či podkladová pro další navazující procesy. Součástí kritického rozboru je teoretická analýza informačních technologií v oblasti komunikace a návrhu architektur, opírající se o výsledky a zkušenosti získané autorem v průběhu řešení projektů v oblasti hydrologie jak na půdě akademické tak komerční. Autor se touto problematikou (ke dni dokončení této publikace) intenzivně zabývá po dobu 7 let z toho 4 roky v akademickém a 3 roky komerčním prostředí.

Následně je sestaven ucelený náhled na ty koncepce a architektury, jejichž nasazení a vhodný rozvoj byly stanoveny jako nezbytné výchozí podmínky k dosažení kýžených výsledků. Tedy zvýšení výkonu telemetrické sítě, zrychlení procesu zpracování a publikování dat a zobecnění aplikačních rozhraní určených pro výměnu dat s ostatními organizacemi působícími v oblasti hydrologie. Tento pohled na doporučené koncepce a architektury je zde prezentován jako pohled na distribuovaný informační systém sestavený z komponent nejčastěji nasazovaných v oblasti hydrologických informačních systémů. Vybrané komponenty spadají do různých domén služeb, které jsou v rámci náhledu na nezbytné úrovni přiblíženy.

Navazující část práce se zabývá prezentací těch současných technologií, jež z hlediska jejich vhodnosti k realizaci jednotlivých segmentů prezentovaného distribuovaného řešení nejlépe vyhovují požadavkům, které vyvstaly jak v rámci teoretické přípravy či vývoje prototypu, tak následné implementace výsledného komplexního řešení vodohospodářského dispečinku. Pozornost je věnována jak otázce hardwarových a softwarových technologií, tak doporučených metodik a technik, jež se v průběhu výzkumu, prototypingu či vývoje osvědčily jako nejvhodnější.

Stěžejní částí práce je návrh a realizace dokumentovaných komponent systému pro informační podporu procesu sběru, zpracování, archivaci a publikování operativních hydrologických dat. Jedná se o komponenty pro monitoring systému, záznam telefonních hovorů mobilních i pevných linek, autorizaci a bezpečnost, zpracování vstupu externích dat, publikování v prostředí WWW včetně WAP, archivace, geografický informační systém, metadata včetně radarových snímků, matematický aparát měrných křivek, komunikační komponentu a komponentu pro monitoring a sběr dat z vodních děl. U každé komponenty je uvedena její základní charakteristika, vazby na relevantní části systému, výčet funkcí a zodpovědnosti komponenty a podmínky provozu.

Veškerá navrhovaná řešení se opírají o autorovy zkušenosti nabyté praktickou aplikací při řešení projektů v České republice i v zahraničí. Podstatná část výsledků těchto praktických aplikací byla publikována na odborných konferencích v ČR i v zahraničí a v zahraničním odborném tisku. Největšího významu dosáhla zejména implementace této koncepce v rámci vodohospodářského dispečinku státního podniku Povodí Vltavy, kde je v čase dokončení této práce nasazena jako komplexní a plnohodnotný nástroj pro sběr dat z celého území povodí řeky Vltavy, jejich zpracování, prezentace a publikování. Na tyto procesy pak navazuje řízení vodních děl a povodí jako celku. Na vývoji se v průběhu posledních tří let podílel 5-ti členný realizační tým pod vedením autora práce. Systém je povodím využíván jak pro běžné každodenní rutinní procesy tak při řešení mimořádných hydrologických událostí. Tato skutečnost více než dostatečně dokládá úroveň použitelnosti navrhovaných koncepcí (jež jsou hlavním výstupem této práce) v praxi. Současně se podařilo reálně ověřit i rozšiřitelnost a udržitelnost této koncepce. Realizace výše uvedeného systému totiž sama o sobě vygenerovala širokou škálu možností dalšího rozvoje, na kterou objednatel následně reagoval podpisem Smlouvy o rozvoji systému VHD 2011 a v této chvíli jsou připravovány podklady na jeho další pokračování. O výsledky práce byl projeven zájem i v rámci připravované restrukturalizace povodí Slovenské republiky, kde se připravuje vytvoření centrální správy s distribuovanými systémy provozovanými pobočkami jednotlivých bývalých povodí.

Nezbytnými navazujícími kroky k úspěšnému nasazení navrhované koncepce a architektury je pak jednak podrobná procesní analýza zahrnující oblasti mimo operativní hydrologii, která odhalí a umožní vyřešit případné jiné konflikty mezi resorty. Paralelně s tím musí být řešena analýza legislativní, jež bude výchozím bodem pro správné nastavení legislativních mechanismů, které umožní podnikům integrovaný hydrologický informační systém transparentně provozovat a dále rozvíjet. Základní hnací silou všech výše uvedených kroků však musí být komplexní ekonomická analýza řešení, která bude jasně prezentovat úspory, kterých bude tímto přístupem možné v dlouhodobém horizontu dosáhnout. Tuto analýzu je možné realizovat s relativně vysokou přesností, díky známé a v čase relativně stálé topologii navrhované sítě HYDRO-NETWORK a v této práci specifikovaným službám a komponentám nezbytným pro její provoz.

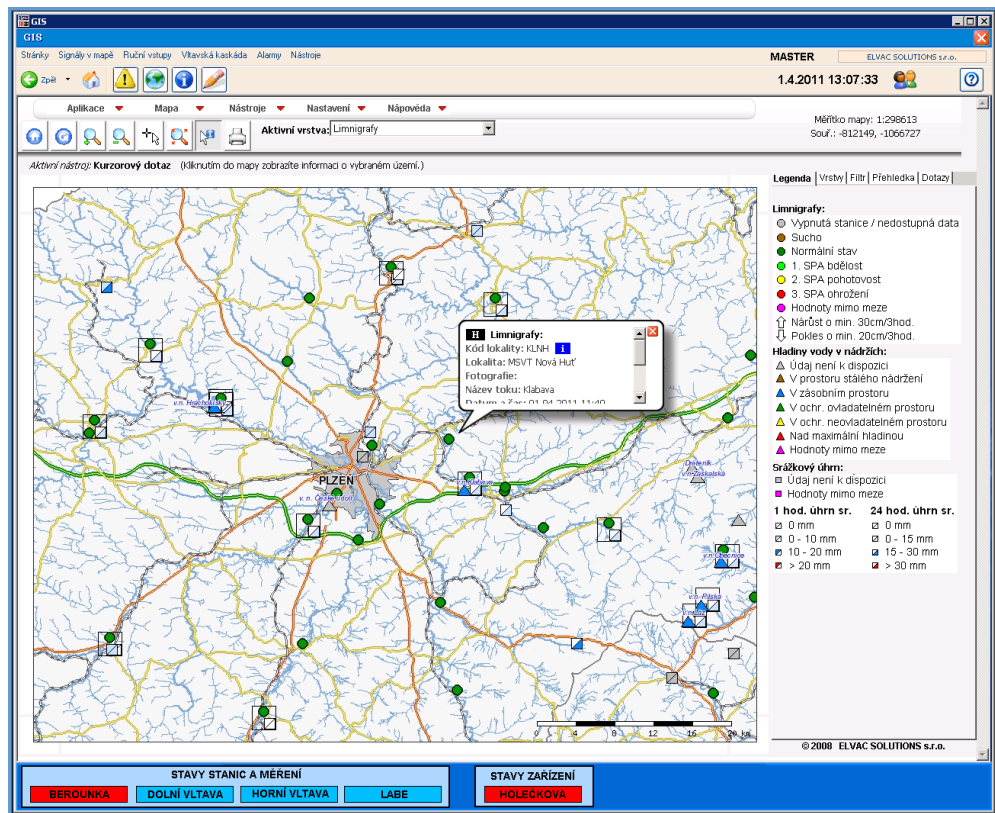
POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ADLER, M. – NICODEMUS, U. et al., 2008. Bericht – 5. ADCP Anwendertreffen zur Qualitätssicherung von Abflussdaten vom 11.-13. 9. 2007 in Koblenz. BfG, Koblenz. 68 s.
- [2] KOŽNÁREK, Z., 2000. Rozvoj hydrologické přístrojové techniky v ČHMÚ.
- [3] ŽALIO R. SKLENÁŘ J. - Přístrojová technika hydrologické služby ČHMÚ na počátku 21. Století, Hydrologické dny 2010 Hradec Králové
- [5] HERSCHY, R. W., 1995. Streamflow Measurement, Second Edition. Chapman & Hall, London, ISBN 0 419 19490 8.
- [6] Manual on Stream Gauging, 1980. Volume 2, Computation of Discharge, WMO.
- [7] POLCAR R. - Měrná křivka průtoků – zásadní faktor kvality hydrologických dat, Hydrologické dny 2010 Hradec Králové
- [8] KAŠPÁREK, L., 2009. O možnostech rekonstrukce vyčíslení řad průtoků. VTEI,
- [9] FRYČ T. - Měření průtoků přístroji typu ADCP v ČHMÚ na pobočce Praha, Hydrologické dny 2010 Hradec Králové
- [10] DAŇHELKA J., ČEKAL R. - Vývojové trendy a nástroje v operativní hydrologii, Hydrologické dny 2010 Hradec Králové
- [11] Aktuální informace - stavy a průtoky na tocích, ČHMÚ – Hlásná a předpovědní služba, <http://hydro.chmi.cz/hpps/>.
- [12] Odborné pokyny hlásné předpovědní a povodňové služby – Povodňová služba, ČHMÚ – Hlásná a předpovědní služba, <http://hydro.chmi.cz/hpps/>.
- [13] METODICKÝ POKYN odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby.
- [14] Odborné pokyny hlásné předpovědní a povodňové služby - Pozorování vodních stavů v hlásných profilech.
- [15] POVODŇOVÝ PLÁN ČESKÉ REPUBLIKY – MŽP - <http://www.dppcr.cz/>
- [16] Webová prezentace státního podniku Povodí Vltavy - <http://www.pvl.cz>
- [17] Státní podnik Povodí Vltavy - Plán oblasti povodí DOLNÍ VLTAVY / 2010
- [18] Státní podnik Povodí Vltavy - Plán oblasti povodí HORNÍ VLTAVY / 2010
- [19] Státní podnik Povodí Vltavy - Plán oblasti povodí BEROUNKY / 2010
- [20] Talich M. - Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický - Webové služby xml jako stavební kameny webových aplikací.
- [21] Peter J.A. Gijsbers, Jan B. Gregersen: The OpenMI Standard in a nutshell, ONLINE http://www.harmonit.org/docs/the_openmi_standard_in_a_nutshell.pdf
- [22] Dohnal, J., Pour, J.: Architektury informačních systémů. Ekopress, 1997, 301 s., ISBN 80-86119-02-5.
- [23] Eriksson, H.E., Penker, M.: Business Modelling with UML, 480 pages, John Wiley & Son, Inc., 2000

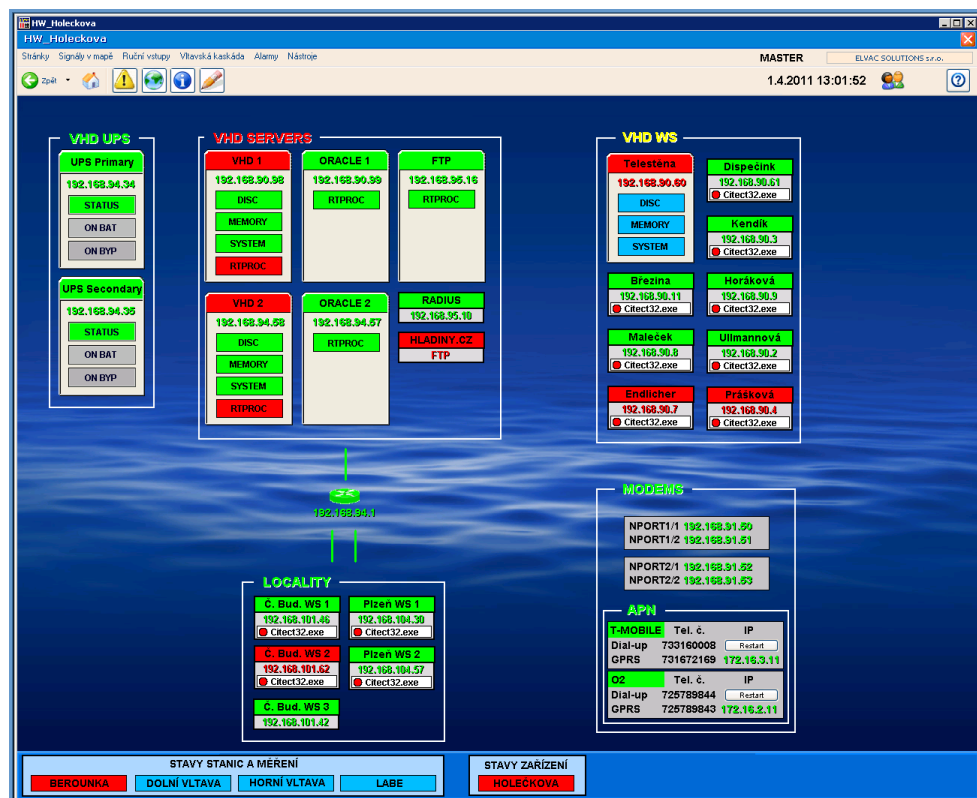
- [24] Horák, J., Rapantová, N. (2001): Využití geoinformačních technologií v projektu komplexní ochrany jímacího území Ostrava - Nová Ves. Ostrava, Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, ročník 47, 2, 2001, řada HGF, s. 43-51, ISBN 80-248-0086-1. Recenzováno.
- [25] Horáková B.: Need for Legislation to Support Technological Solutions. MIDAS On-line Geodata Catalogue, GIM International, The Worldwide Magazin for Geomatics, July 2003, volume 17, 12-13, ISSN 1566-9076.
- [26] Horáková B., Kafka Š.: MIDAS on-line catalogue of geodata of public administration. Global Spatial Data Infrastructure 6 Conference - From global to local. BUDAPEST, HUNGARY, September 16-19th 2002.
- [27] ISO 19115:2003 Geographic information – Metadata, 2003, International Organization for Standardization <http://www.iso.ch>
- [28] Object Management Group, UML™ Resource Page. <http://www.omg.org/uml/>
- [29] Pokorný J.: Konstrukce databázových systémů. Skripta ČVUT Praha. 166 stran. 2001.
- [30] Šarmanová J.: Teorie zpracování dat. Skripta VŠB-TUO. 106 stran. 1997.
- [31] Tylčer O., Horák J., Orlík A., Unucka J., Hanzlová M., Kodrová Z.: „Analýza vybraných hydrologických a hydrogeologických modelů a návrh řešení vhodného komunikačního rozhraní mezi hydro-modely a řídicím modulem systému“. Dílčí zpráva, etapa 5 projektu TANDEM FT-TA2/009. Ostrava 2005, 163 stran.
- [32] Web Services, 2003, World Wide Web consortium. Dostupné na: <http://www.w3.org>
- [33] Ožana R.: Posouzení vlastností Geonetwork opensource a jeho uplatnitelnosti pro účely národního metaportálu. Diplomová práce VŠB-TUO. 103 stran. 2007. <http://www.scribd.com/doc/2165656/Posouzeni-vlastnosti-GeoNetwork-opesnource-a-jeho-uplatnitelnosti-pro-ueely-narodniho-metaPortalu>
- [34] Catalogue Service Implementation Specification [online]. 20.5.2005. 2005 [cit. 2007-01-01]. EN. 04-021r3. Dostupný z WWW: <<http://www.opengeospatial.org/standards/cat>>.
- [35] HORÁKOVÁ B.: Metainformační infrastruktura v evropském a národním měřítku. [s.l.], 2006. 169 s. VŠB - TU Ostrava. Habilitační práce.
- [36] MIKLOŠ J.: Metainformační systém založený na XML. Ostrava, 2004. 107 s. Vysoká škola Báňská - technická univerzita Ostrava. Diplomová práce.
- [37] OGC. Geospatial Portal Reference Architecture : A Community Guide to Implementing Standards-Based Geospatial Portals [online]. verze 0.2. 2004. Dostupný z WWW: <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6669>.
- [38] Open Geospatial Consortium [online]. Dostupný z WWW:<http://www.opengeospatial.org/>.
- [39] HTTP - Hypertext Transfer Protocol [online]. 1999. Dostupný z WWW: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2616>>.

- [40] OGC. Web Service Common Implementation Specification [online]. 2005. Dostupný z WWW: <<http://www.opengeospatial.org/standards/common>>.
- [41] Jirouš, Vilém: Webové služby v knihovnictví, In: Automatizace knihovnických procesů – 10 : sborník z 10. ročníku semináře pořádaného ve dnech 3.–4. května 2005 v Liberci. Praha : ČVUT, 2005. 155 s. ISBN 80-01-03228-0. <http://www.akvs.cz/akp-2005/06-jirous.pdf>
- [42] Čepický J., Procházka D., Machalová J.: MapServer vs. Mapserver
- [43] Open Geospatial Consortium Inc.: Web Map Service, http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=5316
- [44] Open Geospatial Consortium Inc.: Web Feature Service Implementation Specification, https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339
- [45] Sklenička R.: Geoinformatics FCE CTU: Interoperabilita v GIS podle specifikací OGC
- [46] UDDI Project - UDDI Project Home Page [2006-05-10]
- [47] E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, and S. Weerawarana, "Web Services Description Language (WSDL) 1.1", W3C Note, 2001, url: <<http://www.w3.org/TR/wsdl>> [2006-05-10]
- [48] OGR WCTS Implementation - OGR WCTS Implementation Home Page Monografie
- [49] Horak J., Unucka J., Stromsky J., Marsik V., Orlik A : TRANSCAT DSS architecture and modelling services. Control & Cybernetics, vol 35, No.1 (Geographic Information Systems and Decision Support: New Approaches and Applications), Warsaw 2006, pp.47-71. ISSN: 0324-8569
- [50] Ličman P.: Technologie radaru - Princip a technologie radaru, oblasti použití a význam pro GIS, Url: <http://wiki.cs.vsb.cz/images/4/4b/Lic060-gis-radar.pdf>
- [51] Havránek P.: Radiolokátor jako zdroj meteorologických dat – Školicí seminář „Družice a radary v meteorologii“.
- [52] Cranston M, Werner M, Janssen A, Hollebrandse F, Lardet P, Oxbrow J, Piedra M. 2007. Flood Early Warning System (FEWS) Scotland: an example of real time system and forecasting model development and delivery best practice. DEFRA Conference on Flood and Coastal Management, Paper 02–3, York.
- [53] Parker D, Fordham M. 1996. Evaluation of flood forecasting, warning and response systems in the European union. Water Resources Management 10: 279–302.
- [54] Pitt M. 2008. The Pitt Review: Learning Lessons from the 2007 Floods. Cabinet Office: London. (http://www.cabinetoffice.gov.uk/the_pittreview.aspx Last accessed 14-11-2008).
- [55] Tunstall SM, Johnson CL, Penning Rowsell EC. 2004. Flood hazard management in england and wales: from land drainage to flood risk management. World Congress on Natural Disaster Mitigation, New Delhi, 19–22 February 2004.

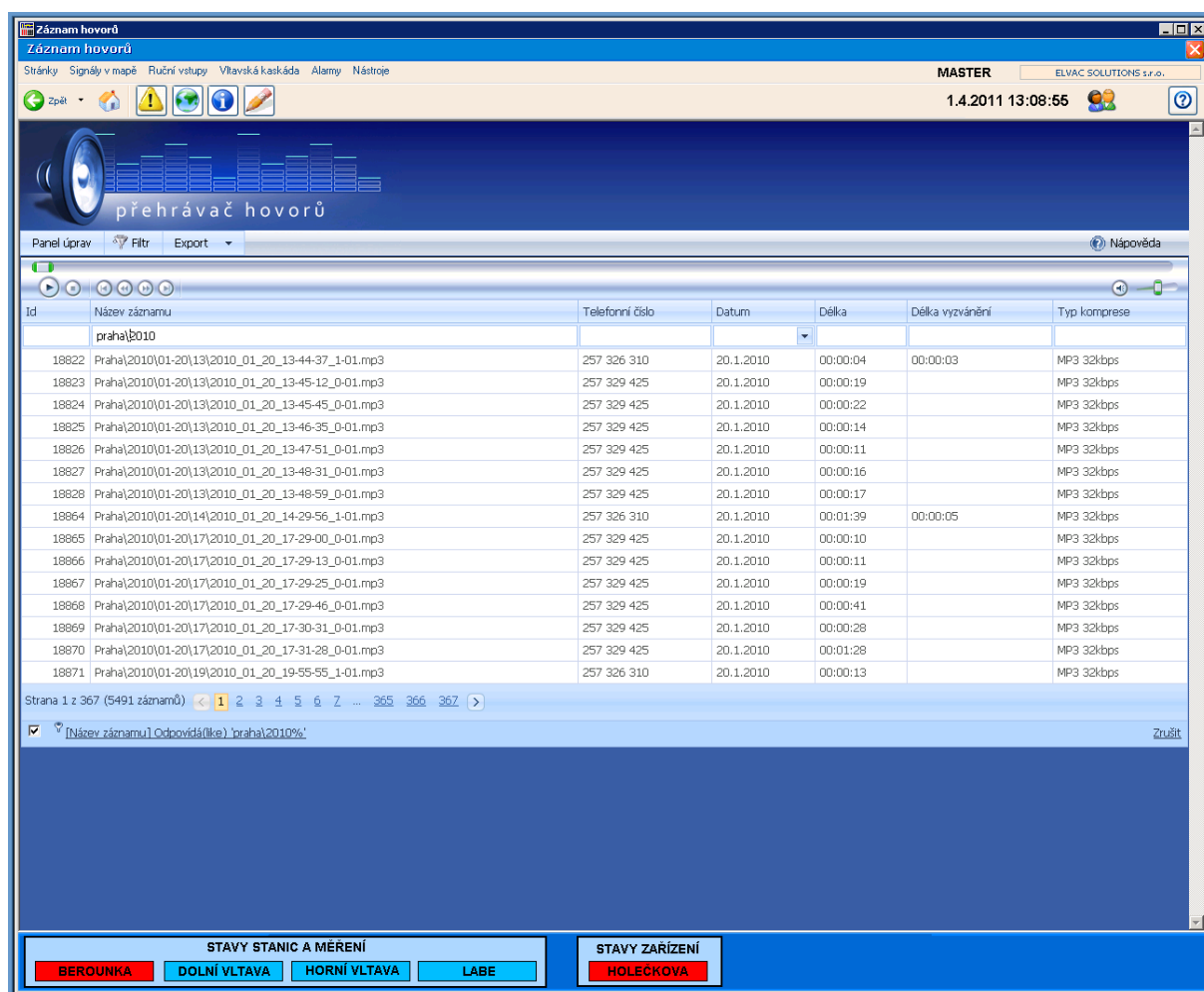
- [56] Ministerstvo životního prostředí, Odbor ochrany vod: Implementace rámcové směrnice EU pro vodní politiku v České republice, Praha, leden 2004.
- [57] Horák J., Orlík A., Stromský J.: Web services for distributed and interoperable hydro-information systems. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 4, 1879-1891, 2007.



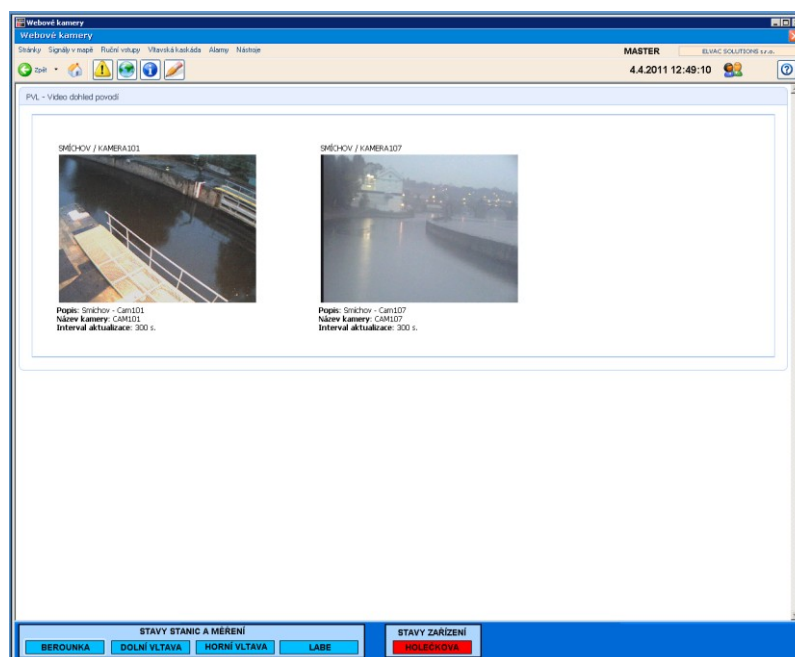
Rozhraní GIS integrované v monitorovacím systému VHD



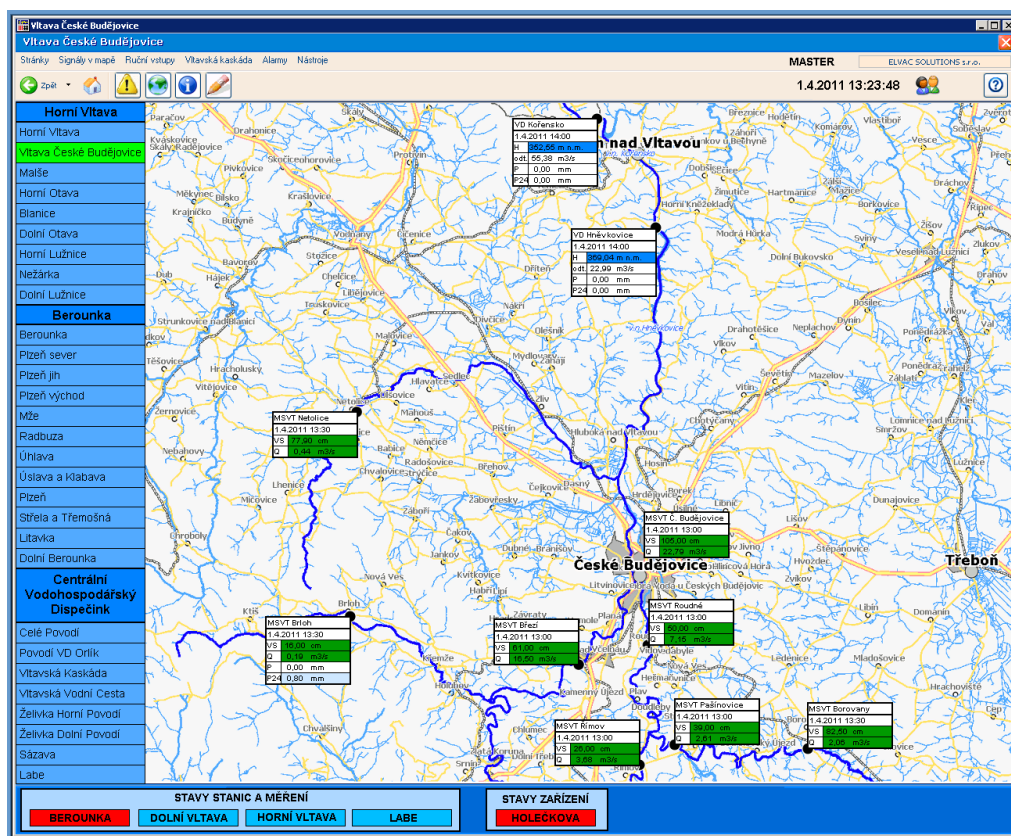
Dohled HW technologií systému VHD



Rozhraní pro přístup do archivu telefoních hovorů (s integrovaným přehrávačem audio záznamů)



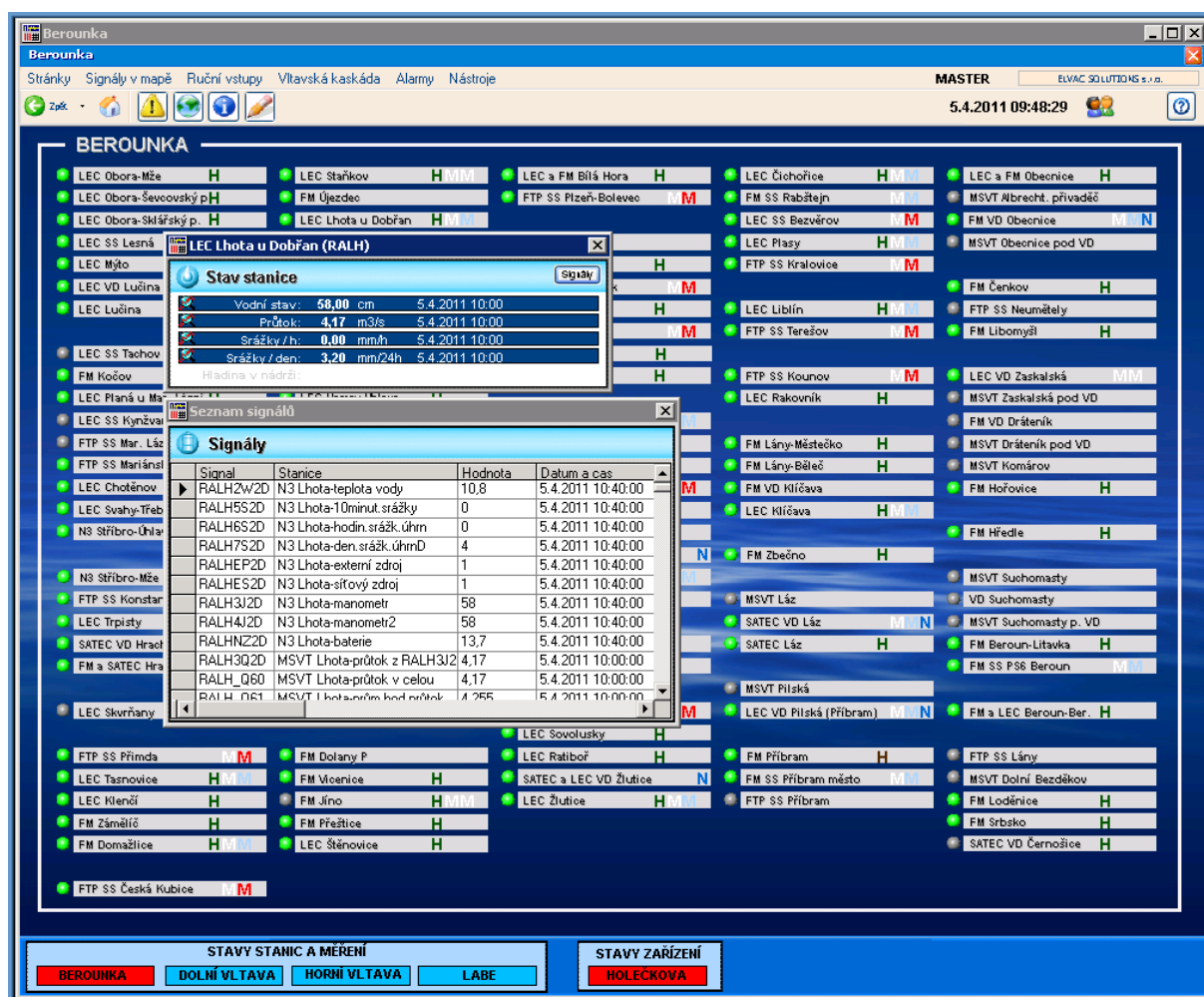
Kamerový dohled vodních děl



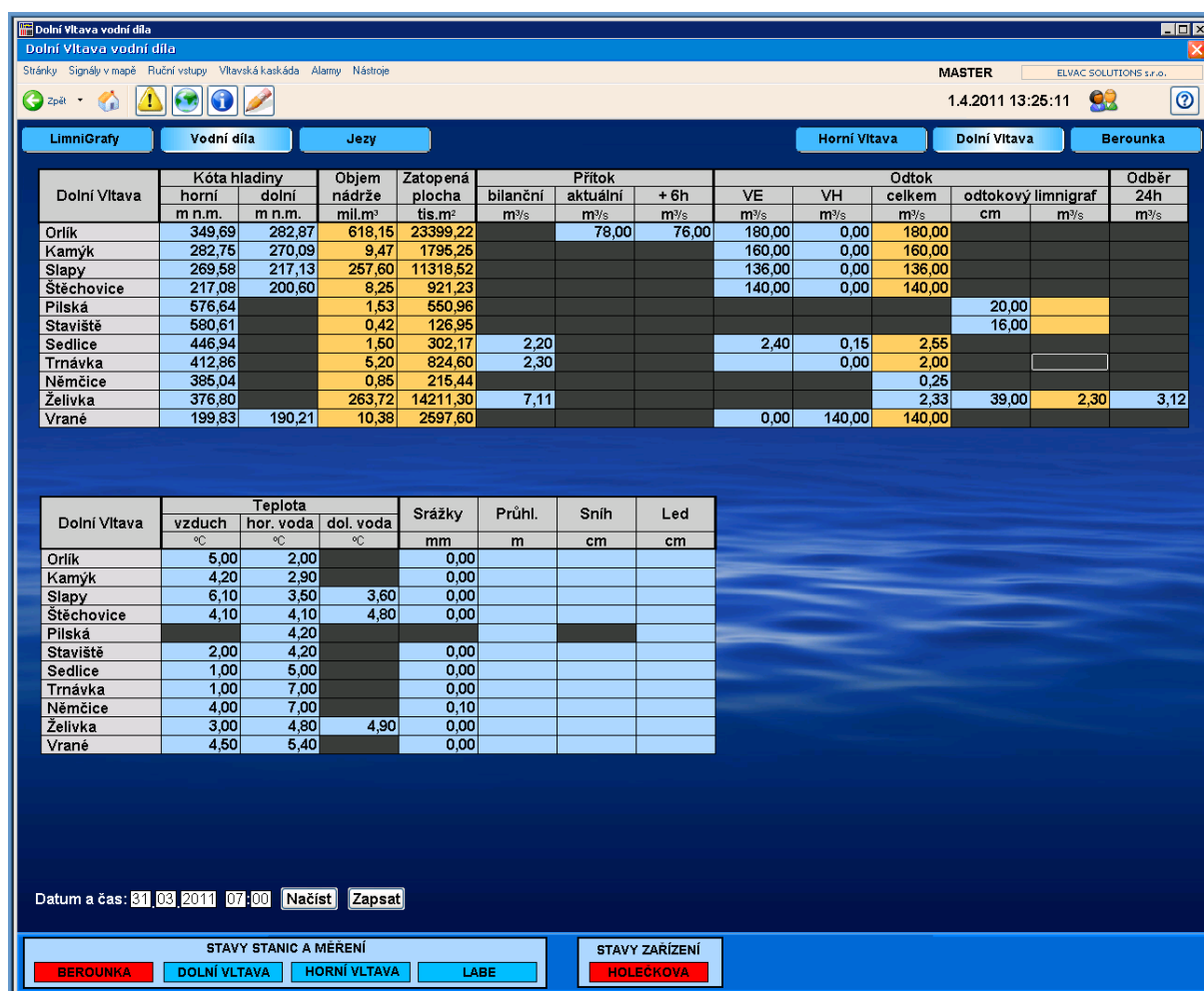
Alternativní zobrazení stavů a průtoků



GIS klient optimalizovaný pro TeleWall VHD



Zobrazení technického stavu měřicích stanic



Aktuální stavy na vodních dílech

Příloha B - Podrobný popis subsystémů VHD a jejich rozhraní

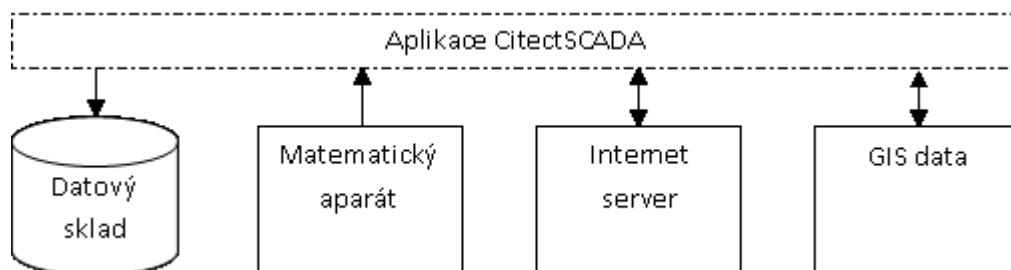
Aplikace CitectSCADA

Charakteristika subsystému

Aplikace poskytuje uživatelské rozhraní pro zobrazování dat systémem sbíraných a informací o stavu technického vybavení systému. Rozhraní disponuje propracovanými grafickými nástroji pro vizualizaci systémem monitorovaných informací.

Rozhraní je neoddělitelně začleněno do systému vodohospodářského dispečinku. Funkce rozhraní je jednou z klíčových podmínek systému. Aplikace poskytuje uživatelské rozhraní pro zobrazování dat systémem sbíraných a informací o stavu technického vybavení systému. Rozhraní disponuje propracovanými grafickými nástroji pro vizualizaci systémem monitorovaných informací. Zapisuje nastalé chybové stavy do LOG souborů.

Schéma funkce subsystému



Obrázek 39 Schéma funkce subsystému CitectSCADA

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Monitoruje definované signály jednotlivých lokalit.
- Porovnává aktuální signály s jejich limitními hodnotami a na základě překročení limitní hodnoty vyhlašuje alarm (zobrazuje alarmy).
- Graficky vizualizuje stav lokalit formou zobrazení hodnoty tagu a stavu signálu.
- Trenduje sledované signály lokalit s měsíční historií.
- Sleduje trend hodnoty signálu vodního stavu v uplynulých 3 hodinách dle vstupních podmínek a zobrazuje překročení trendu.
- Umožňuje vizualizaci několika trendů lokalit.
- Volá externí aplikace, zejména aplikaci pro zobrazení animací radarových snímků, nebo zobrazení předpovědí počasí, webové stránky subsystému Internet server.
- Monitoruje stav vlastního systému a jeho částí.

- Zajišťuje přechod na záložní systémové zdroje v případě nedostupnosti primárních zdrojů.
- Zapisuje chybové stavy do systémového LOGu, loguje také přístupy uživatelů.
- Restartuje službu matematického aparátu pokud neodpovídá po definovanou dobu.

Podmínky fungování subsystému

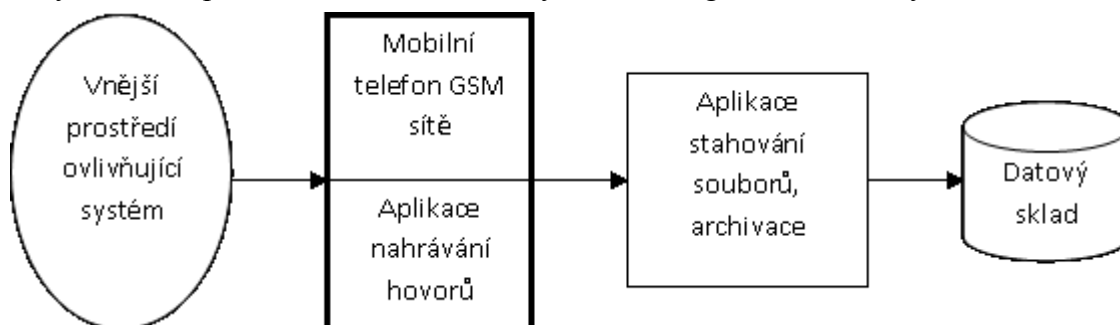
- Instalace aplikace na všech dispečerských stanicích.
- Instalace trendového, alarmního a I/O serveru na serverech.
- Dostupnost GIS dat na lokálních discích pro fungování zobrazení nad mapou.
- Fungující ukládání sledovaných signálů do tagů pomocí subsystému Matematický aparát.
- Spolehlivá datová síť.

Záznam hovorů na mobilních telefonech

Charakteristika subsystému

Funkcí subsystému je umožnit technickými a programovými prostředky nahrávání hovorů na mobilních telefonech dispečinku. Provádět jejich archivaci a zpřístupnit tyto nahrávky pro přehrávání.

Účelem tohoto rozhraní je převést realizované hovory na mobilních telefonech do digitální podoby. Mobilní telefon nahrává hovor a po příchodu na pracoviště jsou záznamy hovorů přeneseny na server prostřednictvím bezdrátových technologií a archivovány.



Obrázek 40 Schéma funkce subsystému pro záznam hovorů

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Po přijmutí hovoru nahrává jeho záznam do audio souboru. Ukládá do interní paměti mobilního zařízení.
- Po příchodu na pracoviště se nahrané soubory přenesou prostřednictvím bezdrátových technologií na počítač, s nímž se telefon synchronizuje.
- Po přenosu na počítač jsou soubory přeneseny archivu na datovém serveru, evidují se zprávy o úspěšnosti tohoto přenosu.
- Subsystém funguje i v rámci pracovišť Plzeň a České Budějovice

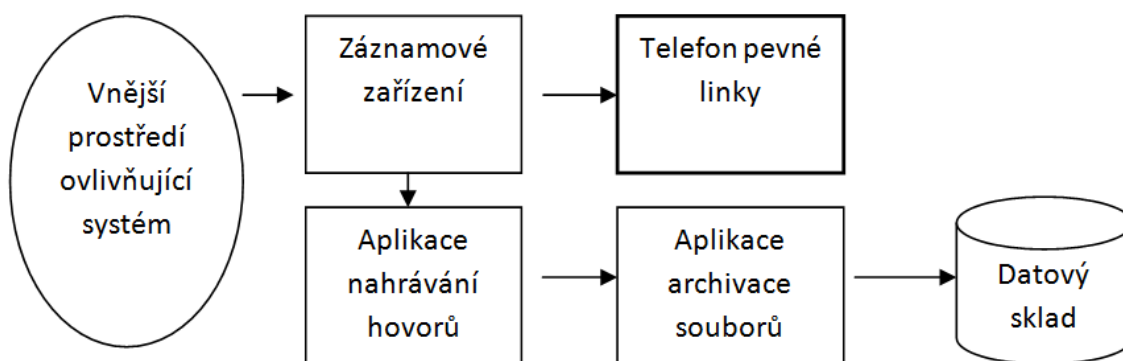
Podmínky fungování subsystému

- Mobilní telefon je vybaven dostatečnou pamětí pro ukládání zaznamenaných souborů.
- Mobilní telefon je vybaven technologií pro bezdrátový přenos dat.
- Nezbytná je instalace aplikace pro synchronizaci dat na pracovní stanici a do zálohy na server.
- Pro přenos dat do datového skladu je dostupné spojení.

Záznam hovorů telefonů pevných linek

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je převést realizované hovory na pevných linkách dispečerských telefonů do digitální podoby. Telefonní hovor se nahrává a archivuje pomocí technických prostředků k tomu určených.



Obrázek 41 Schéma funkce subsystému pro záznam hovorů telefonů pevných linek

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Po přijmutí hovoru nahrává jeho záznam do audio souboru pomocí technického zařízení a instalované aplikace pro nahrávání hovorů. Soubor je ukládán na lokálním disku počítače (serveru).
- Technické zařízení pro záznam hovoru přehrává volajícímu zprávu o nahrávání hovoru a to ještě před přijetím hovoru.
- Po ukončení nahrávání jsou soubory přeneseny do archivu.

Subsystém funguje i v rámci pracovišť Plzeň a České Budějovice.

Podmínky fungování subsystému

- Dispečerský telefon pevné linky je propojen s ústřednou přes záznamové zařízení.
- Instalace aplikace pro nahrávání hovorů je na trvale zapnutém zařízení (serveru).
- Předpokládá se instalace služby (naplánované úlohy) pro přenášení souborů do archivu.

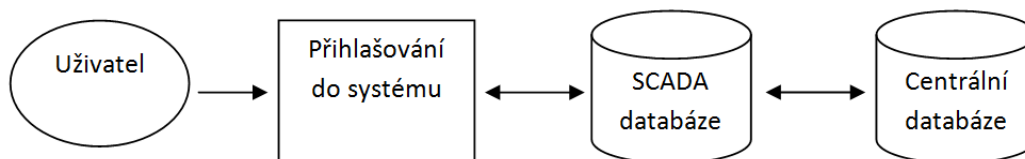
- Pro přenos dat do datového skladu je dostupné spojení.

Autentizace a autorizace v rámci systému

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto subsystému je provést autorizaci a autentizaci oprávnění přístupu uživatele k systému. Systém zajišťuje podrobný auditing jednotlivých přístupů.

Schéma funkce subsystému



Obrázek 42 Schéma autentizace a autorizace v rámci systému

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Kontroluje odeslané uživatelské jméno a heslo oproti informacím uloženým v systému.
- Ověřuje vložení identifikační karty do čtečky karet.
- Při přihlášení ověřuje platnost certifikátu vložené karty porovnáním s daty uloženými ve SCADA databázi (MS SQL server synchronizován se zálohou).
- Zabezpečuje zápis do log souboru – informace o procesu přihlášení, čas, uživatel, odhlášení ze systému.
- Po vyjmutí karty ze čtečky odhlašuje uživatele ze systému.

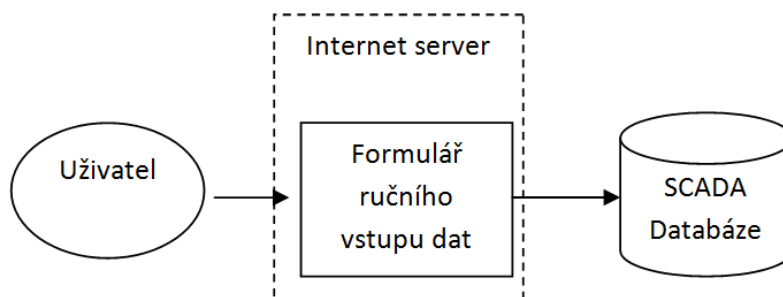
Podmínky fungování subsystému

- V systému existují informace o uživateli, jejich heslech a certifikátech karet (SCADA databáze)
- Uživatelé jsou vybaveni čipovými kartami s platnými certifikáty a dispečerské PC jsou vybaveny čtečkami těchto karet

Ruční vstup dat stanic

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je převést a ukládat data z ručních vstupů – formulářů zobrazovaných pro jednotlivé lokality. Data takto zadaná jsou systémem zpracovaná a archivují se ve SCADA databázi. V databázi se provede přepočítání vstupních signálů pomocí matematického aparátu a data se dále archivují.



Obrázek 43 Schéma funkce ručních vstupů

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Zobrazuje formulář ručního vstupu dané lokality.
- Zpracovává signály vložené prostřednictvím formuláře.
- Ukládá tyto signály do SCADA databáze.

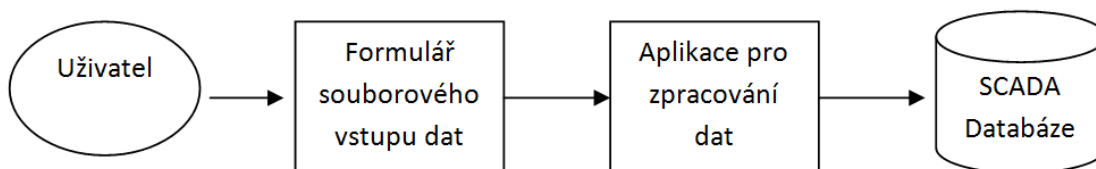
Podmínky fungování subsystému

- Jsou nadefinovány signály pro ruční vstup dat pro jednotlivé lokality.
- Formuláře ručního vstupu dat jsou standardního formátu. Pokud konkrétní lokalita nemá definován signál ručního vstupu (dle zmíněného formátu) pak tento signál není možno zadat.

Souborový vstup dat

Charakteristika subsystému

Účelem této služby je převést a ukládat data ze souborových vstupů jednotlivých stanic dispečinku. Data takto zadaná jsou systémem zpracována a archivována v databázi. Tento způsob vkládání dat je určen pro historická data. Existují i případy, že souborový vstup může být i v stupem aktuálním a tudíž zadávané informace mohou sloužit pro přepočty zobrazovaných signálů dispečinku. Tento souborový vstup aktuálních informací, lze použít při výjimečných stavech systému.



Obrázek 44 Schéma fungování služby pro souborový vstup dat

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Zobrazuje formulář pro zadání cesty k vstupnímu souboru
- Ukládá soubor do adresáře pro ukládání dat pro ruční vstup

- Data ze vstupu jsou zpracována a signály uloženy do SCADA databáze
- Proběhne výpočet dat s využitím subsystému matematický aparát

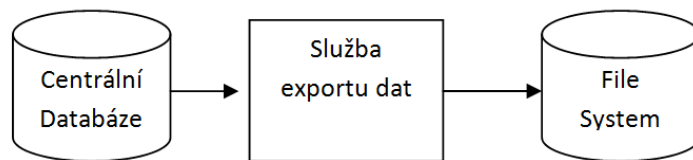
Podmínky fungování subsystému

- Je vkládán standardní soubor hodnot signálů dle specifikace
- Subsystém může ukládat data do SCADA databáze

Distribuce dat pro WEB a WAP server

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto subsystému je převést archivní data do souborového formátu pro webové servery dostupné v síti Internet.



Obrázek 45 Schéma fungování distribuce dat pro WEB a WAP

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Podle plánu exportů provádí export definovaných signálů do souborů na server

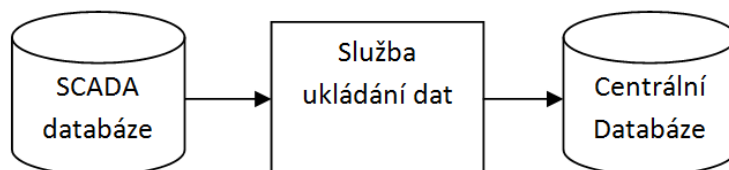
Podmínky fungování subsystému

- Správné nadefinování časů a způsobů exportů v databázi
- Definování výčtu signálů pro export a časové rozmezí
- Dostupnost centrální databáze
- Dostupnost sdíleného adresáře pro ukládání exportů

Ukládání dat do centrální databáze

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je ukládat data ze SCADA databáze do centrálního databázového serveru systému.



Obrázek 46 Schéma ukládání dat do centrální databáze

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Ukládá aktuální signály ze SCADA databáze do archivu
- Kontroluje úspěšnost přenosu dat
- V případě nedostupnosti primární databáze ukládá data do záložní databáze (centrální databáze na platformě Oracle jsou dále synchronizovány pomocí nastavení Master Replication)

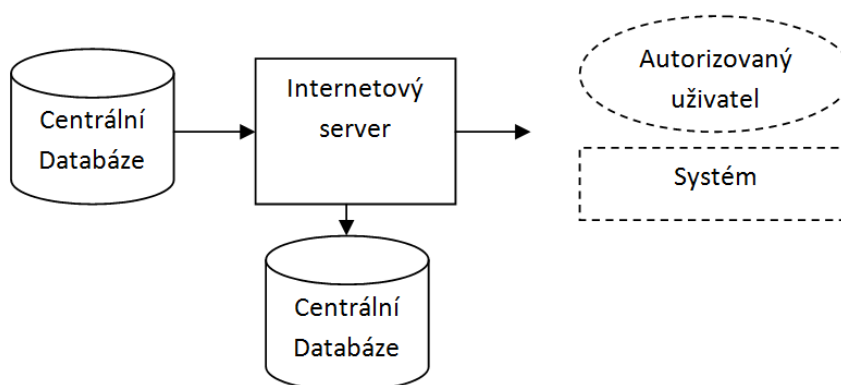
Podmínky fungování subsystému

- Dostupnost alespoň jednoho z centrálních databázových serverů
- V případě nedostupnosti provádí zálohování dat do úspěšného přenosu

Webový server

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je zpřístupnit vybraná data z centrální databáze aplikacím vodohospodářského dispečinku prostřednictvím webových stránek. Zobrazuje a zpracovává informace formulářů pro ruční vstup dat. Zprostředkovává a provozuje aplikaci pro export definovaných historických dat.



Obrázek 47 Schéma zapojení webového serveru do kontextu VHD

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Zobrazuje detailní informace lokalit v definovaném rozsahu
- Načítá aktuální data dostupná v centrální databázi
- Webový server je duplikován na záložním serveru
- V případě nedostupnosti centrálního nebo SCADA databázového serveru se připojuje na záložní server

- Zprostředkovává aplikaci pro uživatelské exportování dat - zobrazuje a zpracovává uživatelsky definované exporty signálů do souborů (Lokalita, signály, perioda vzorkování, časový rozsah exportu)
- Zobrazuje a zpracovává formuláře ručního vstupu dat, ukládá hodnoty do SCADA databáze

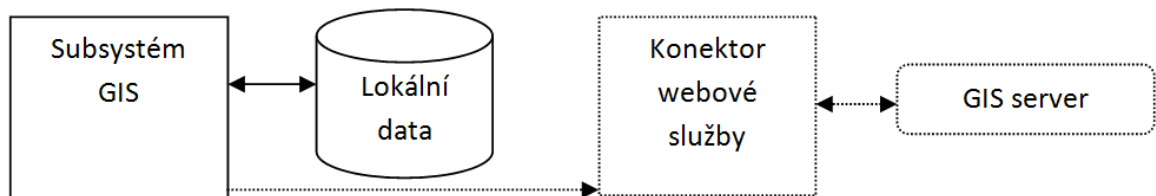
Podmínky fungování subsystému

- Dostupnost alespoň jednoho z centrálních databázových serverů
- Dostupnost alespoň jednoho ze SCADA databázových serverů
- Fungující instalovaná a fungující služba Internet Information Server na serveru
- Redundantní instalace služby na redundantním serveru

Práce s GIS daty

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je zpřístupnit GIS data uživatelům vodohospodářského dispečinku. V dalším rozvoji se počítá s možností přístupu k datům z podnikového GIS serveru.

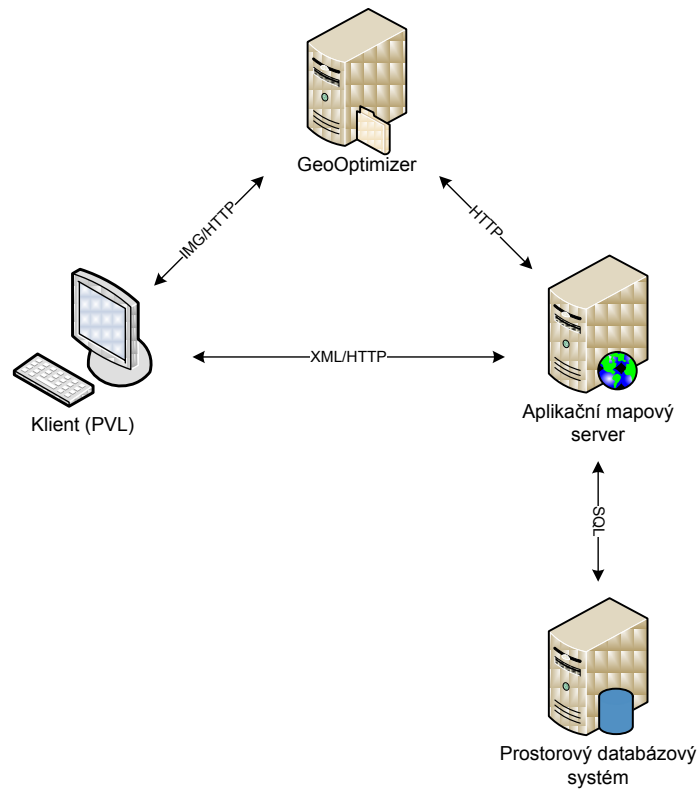


Obrázek 48 Schéma funkce subsystému GIS

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Na základě uživatelského požadavku na mapu vykresluje mapovou kompozici.
- Přistupuje k prostorové databázi a lokálně uloženým datovým zdrojům formátu Esri Shape File.
- Využívá on-line přístupu ke GIS datům prostřednictvím WMS služby mapového serveru.
- Optimalizace zpracování a zodpovídání požadavků serverem. Ta je řešena modulem GeoOptimizer.



Obrázek 49 Schéma fungování optimalizace při publikování prostorových dat

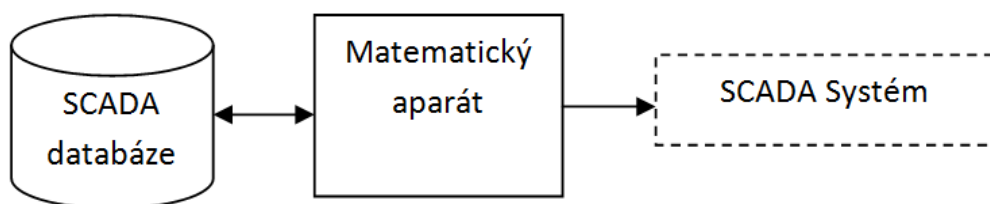
Podmínky fungování subsystému

- Dostupnost dat na lokálním disku pracovní stanice.
- Vytvořený definiční soubor mapové kompozice.
- Uživatelsky přijatelná rychlost odezvy webové služby a vybavení požadavku na mapovém serveru.

Matematický aparát

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je zabezpečit optimální provoz a kontrolu provádění výpočtů matematického aparátu. Ukládat aktuálně vypočtené sledované signály do aplikace CitectSCADA.



Obrázek 50 Schéma funkce služby Matematický aparát

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Na základě vnějšího impulsu ze strany zpracovávající dat provede kontrolu nových dat v dočasné databázi. Signály dávkově zpracuje podle definovaných podmínek.
- Vypočtené hodnoty signálů zapisuje do dočasné databáze.
- Provádí-li výpočet sledovaného signálu dispečinku, pak tento signál ukládá do systému CitectSCADA.
- Pokud není dostupné rozhraní primární instance systému CitectSCADA, pak ukládá v záložním systému a hlídá úspěšnost ukládání dat.
- Zaznamenává chyby ve výpočtech a ukládání dat.

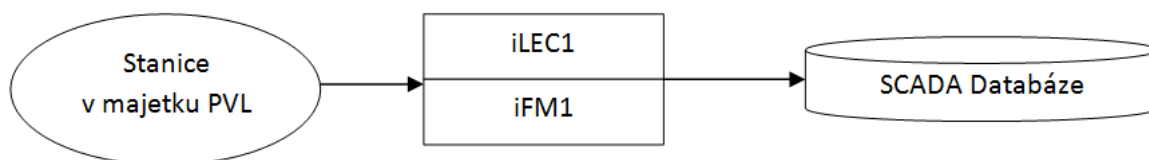
Podmínky fungování subsystému

- Dostupnost SCADA databáze
- Práva zápisu do centrální databáze.
- Umožnění zápisu do systému CitectSCADA.

Modul protokolu FINET

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je převod vnitřního protokolu stanic Fiedler-Mágr (FINET) do databáze a jeho následné využití pro sledování stavu signálů, které jsou získávány prostřednictvím měřicích stanic Fiedler-Mágr.



Obrázek 51 Schéma zapojení modulu protokolu FINET

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Komunikuje se stanicemi F-M v majetku PVL v nativním protokolu stanic službou GPRS.
- Získává data ze stanic, kontroluje úspěšnost přenosu dat.
- Zpracovává přenesená data a zapisuje došlé signály do SCADA databáze (při nedostupnosti do záložní).
- Dává zprávu subsystému matematického aparátu o úspěšnosti zpracování dat, tento systém po takovémto impulsu zpracuje uložená data.

- Při nedostupnosti stanice (definováno časem bez získání informací) se subsystém pokouší spojit se stanicí pomocí vytáčeného spojení.

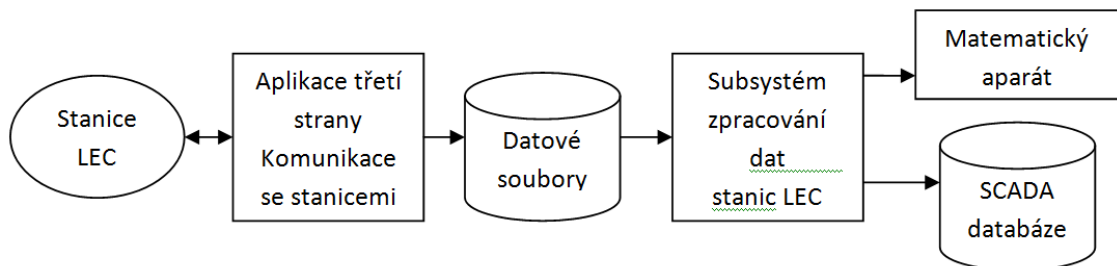
Podmínky fungování subsystému

- Dostupnost modemového pole.
- Spolehlivé přenosové trasy bez výpadků.
- Dostupnost SCADA databáze (i záložní).
- Dostupnost subsystému matematického aparátu.
- Neměnnost nativního komunikačního protokolu stanic.

Modul protokolu LEC

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je převod vnitřního protokolu stanic LEC do databáze a jeho následné využití pro sledování stavu veličin, které jsou získávány prostřednictvím LEC měřících stanic.



Obrázek 52 Schéma zapojení modulu protokolu LEC

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Zpracovává datové soubory získané z aplikace pro komunikaci se stanicemi.
- Zpracovává data a ukládá signály do SCADA databáze (při nedostupnosti do záložní).
- Dává zprávu subsystému matematického aparátu o úspěšnosti zpracování dat, tento systém po takovémto impulsu zpracuje uložená data.
- Po úspěšném zpracování dat provádí promazání zdrojů ve sdíleném adresáři.

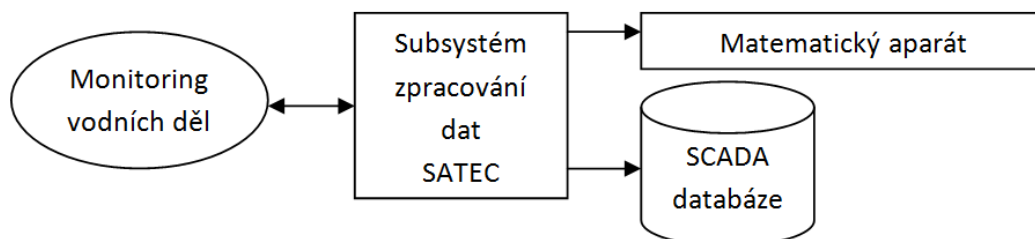
Podmínky fungování subsystému

- Spolehlivé přenosové trasy bez výpadků.
- Dostupnost SCADA databáze (i záložní).
- Dostupnost subsystému matematického aparátu.

Monitoring vodních děl

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je převod dat získaných z monitoringu vodních děl do databáze a jejich následné využití pro sledování stavu veličin, které jsou získávány prostřednictvím měřicích stanic.



Obrázek 53 Schéma integrace monitoringu vodních děl

Funkce subsystému

Subsystém řeší úlohy:

- Komunikuje se servery (pracovními stanicemi) na straně monitoringu.
- Přenáší soubory na PVL určené pro zpracování, zpět přenáší exportované soubory s definovanými signály.
- Zpracovává data a ukládá signály do SCADA databáze (při nedostupnosti do záložní).
- Dává zprávu subsystému matematického aparátu o úspěšnosti zpracování dat, tento systém po takovémto impulsu zpracuje uložená data.
- Po úspěšném zpracování dat provádí promazání zdrojů na serveru (stanici SATEC).
- Na monitoring vodních děl přenáší datové soubory dle přednastavených parametrů.

Podmínky fungování subsystému

- Dostupnost stanic (serverů) monitoringu.
- Spolehlivé přenosové trasy bez výpadků.
- Dostupnost SCADA databáze (i záložní).
- Dostupnost subsystému matematického aparát.

Meteodata, radarové snímky, předpovědi počasí

Charakteristika subsystému

Účelem tohoto rozhraní je zajistit dostupnost dat získaných z ČHMÚ jejich archivace a zpřístupnění dat pro aplikace třetích stran.